

Laivaväylien suunnitteluohjeet



Laivaväylien suunnitteluohjeet

Liikenneviraston ohjeita 31/2014

Kannen kuva: Liikenneviraston kuva-arkisto

Verkkojulkaisu pdf (www.liikennevirasto.fi)

ISSN-L 1798-663X

ISSN 1798-6648

ISBN 978-952-317-002-5

Liikennevirasto

PL 33

00521 HELSINKI

Puhelin 029 534 3000

Korvaa

Laivaväylien suunnitteluohjeet (Merenkululaitoksen sisäisiä julkaisuja 1/2001)

Voimassa

3.10.2014 toistaiseksi

Asiasanat

vesiliikenne, vesiväylät, väylänsuunnittelu, mitoitusperusteet

Laivaväylien suunnitteluohjeet

Tässä julkaisussa on esitetty laivaväylien mitoituksen ja suunnittelun perusteet ja ohjeet väylälevyyden ja syvyyden mitoitukseen sekä väylän linjauksen, geometrian ja väylämerkinnän suunnitteluun.

Ylijohtajan po:ssa
Johtaja



Jukka Karjalainen

Tekninen johtaja



Markku Nummelin

LISÄTIETOJA

Olli Holm, Jarmo Hartikainen

Liikennevirasto

puh. 029 534 3338, 029 534 3334

Esipuhe

Liikenneviraston tehtäviin kuuluu vastata vesiväylien suunnittelusta. Tähän liittyen Liikennevirasto vastaa myös vesiväylien suunnittelun ohjeistuksesta ja perusteista.

Laivaväylän suunnittelu on monitahoinen tehtävä ja prosessi, johon sisältyy mitoituserusteiden määrittely, väylän linjauksen ja geometrian suunnittelu, väyläleveyden ja -syvyyden mitoitus sekä merkinnän suunnittelu.

Suunnittelu- ja mitoitusohjeet perustuvat aluksen käyttäytymisen matemaattisen mallintamisen ohella mallien testaamisesta sekä käytännön navigoinnista ja aiemmin toteutettujen suunnitelmien toimivuudesta saatujen kokemusten yhdistämiseen. Mitoitusarvojen ja -perusteiden osalta nyt julkaistava ohje pohjautuu pitkälti kansainväliseen PIANCin (World Association for Waterborne Transport Infrastructure) 2014 julkaisemaan suunnitteluohjeeseen Harbour Approach Channels Design Guidelines.

Ohjeet eivät ole normiluonteisia, tarkkoihin laskennallisiin mitoitusarvoihin sidottuja, vaan niitä sovelletaan tapauskohtaisesti paikalliset olosuhteet sekä liikenteelliset tekijät ja tarpeet huomioiden.

Ohjeessa on käsitelty varsinaisen navigointiin tarkoitettun väylän lisäksi väylään liittyvien erityisalueiden ja satama-alueen suunnittelua, suunnitteluprosessia sekä mitoituksen ja suunnittelun yhteydessä tehtäviä erityisselvityksiä (mm. simulaattoritutkimuksia).

Ohje on tarkoitettu käytettäväksi laivaväylien suunnitteluun ja mitoitukseen suunnitteluprosessin kaikissa eri vaiheissa. Liikenneviraston suunnitteluttamismenettelyjä ja suunnitelmien käsittelymenettelyjä ohjeessa ei käsitellä.

Ohje on laadittu pääosin virkatyönä vesiväylänpidon suunnitteluttamisryhmässä. Ohjeen viimeistelyyn on osallistunut FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy.

Tämä ohje korvaa Merenkululaitoksen 2001 julkaiseman "Laivaväylien suunnitteluohjeet".

Helsingissä lokakuussa 2014

Liikennevirasto
Kunnossapito-osasto

Sisällys

1	YLEISTÄ	7
2	LAIVAVÄYLIEN SUUNNITTELUPROSESSI	8
2.1	Prosessin vaiheet	8
2.2	Laivaväylien suunnitteluohjeiden soveltaminen suunnittelun eri vaiheissa	10
2.2.1	Alustava mitoitus ja perusmitoitus (Concept design)	11
2.2.2	Tarkentava mitoitus (Detailed design)	11
2.2.3	Väylän käyttäjien kuuleminen	12
3	SUUNNITTELUN LÄHTÖKOHDAT	13
3.1	Alusten mitat ja navigointiominaisuudet	13
3.1.1	Alusten koko ja päämitat	13
3.1.2	Alusten navigointiominaisuudet	14
3.2	Liikenteelliset tekijät	20
3.3	Luonnonolosuhteet	21
3.4	Koordinaatisto ja korkeustaso	22
4	VÄYLÄN SUUNNITTELU JA MITOITUS	23
4.1	Mitoitusalus	23
4.2	Väylän linjaus	24
4.2.1	Linjauksen suunnittelu, yleisiä periaatteita	24
4.2.2	Kaarteet	27
4.3	Väylän leveys	30
4.3.1	Yleistä	30
4.3.2	Väylän leveyden mitoituksessa huomioitavat osatekijät	31
4.3.3	Suoran väylän leveys	34
4.3.4	Väylän leveys kaarteessa	37
4.3.5	Väylän ulkoalueet ja selkävesialueet	38
4.4	Väylän syvyys	39
4.4.1	Väylän syvyyden määrittämisessä huomioitavat tekijät	39
4.4.2	Vedenkorkeustaso	39
4.4.3	Aluksen nopeuspainuma (squat)	40
4.4.4	Aallokosta aiheutuvat vertikaaliliikkeet	43
4.4.5	Aluksen muut kallistumat	44
4.4.6	Kölivara	44
4.4.7	Liettymis- ja maannousuvara	44
4.4.8	Väylän varaveden ja haraussyvyyden mitoitus	45
4.4.9	Väylien kulkusyvyysskäytäntö	47
5	MERKINNÄN SUUNNITTELU	49
5.1	Yleistä	49
5.1.1	Aluksen paikannus väylällä	49
5.1.2	Väylämerkinnän yleiset periaatteet	49
5.2	Linjamerkintä	50
5.3	Reunamerkintä	52
5.3.1	Yleiset periaatteet	52
5.3.2	Kardinaali- ja lateraalimerkinnän käyttö	52
5.3.3	Merkkien käyttö ja sijoittelu	53

5.4	Muun lisä- ja apumerkinnän käyttö.....	54
5.4.1	Sektoriloistot	54
5.4.2	Muu merkintä	55
5.4.3	Virtuaalimerkintä	55
5.5	Väylien valaisu	56
6	SATAMA-ALUEET JA MUUT ERITYISALUEET	57
6.1	Satama- ja kääntöaltaat / Satama-alueet.....	57
6.2	Ankkurointialueet	58
6.3	Väylän levennysalueet	60
6.4	Sillat ja muut risteämät.....	60
7	ERITYISSELVITYKSET	62
7.1	Simulaattorikokeet.....	62
7.2	Numeeriset mallit ja mallikokeet.....	63
7.3	Väylän käyttösuositukset ja -rajoitukset.....	64
7.4	Hinaajan käyttö.....	65
7.5	Talviliikenteen huomioiminen	66
7.6	Riskianalyysit	70
	SYMBOLILUETTELO.....	72
	LÄHDELUETTELO	73
	LIITTEET	
Liite 1	Väyläsuunnitteluprosessi	
Liite 2	Tyypillisiä alusmittoja eri alustyypeille	
Liite 3	Suoran väylän leveyden mitoitus	
Liite 4	Squat-laskentamallien soveltuvuus ja reunaehdot, esimerkkilaskelmia	
Liite 5.1	Esimerkkejä suoran väylän merkinnästä	
Liite 5.2	Esimerkkejä kaarten merkinnästä	

1 Yleistä

Laivaväylien suunnittelu on useimmiten monivaiheinen ja pitkäkestoinen prosessi alustavasta suunnittelusta rakennussuunnitteluun ja toteutukseen. Suunnittelu-prosessi on kokonaisuutena ottaen laaja optimointitehtävä navigointi- ja turvallisuustekijöiden, kustannustekijöiden ja ympäristönäkökohtien välillä.

Laivaväylien tekninen suunnittelu koostuu pääpiirteissään seuraavista osista:

- väylän mitoitusperusteiden määrittely: mitoitusalus, palvelutaso, reunaehdot
- linjauksen suunnittelu
- väylän leveyden määrittely
- tarvittavan varaveden/haraussyvyyden määrittely
- merkinnän suunnittelu

Suunnittelu muodostaa yhden kiinteän kokonaisuuden, johon liittyviä osatehtäviä ei voida ratkaista erillisinä, koska etenkin väylän linjaus, leveys ja merkintä ovat voimakkaasti toisistaan riippuvia.

Näiden laivaväylien suunnitteluohjeiden mitoitusperusteet ja ohjeet on ensisijaisesti tarkoitettu uppoumatyypistien alusten käyttämien meriväylien suunnitteluun. Ohjeita ja suosituksia voidaan käyttää väylän linjauksen ja väylämittojen määrittämisessä sekä väylämerkinnän suunnittelussa. Ohjeita voidaan käyttää soveltuvin osin myös sisävesiväylien suunnittelussa.

Laskennallisten mitoitusmenetelmien lisäksi ohjeessa on esitetty menetelmiä ja apuvälineitä, joilla suunnitelmaa ja mitoitusta voidaan tarvittaessa testata ja tarkentaa. Näitä menettelyjä voivat olla mm. simulaattorin käyttö, mallikokeiden tai numeeristen mallien käyttö, erilaisten käyttö- ja olosuhderajoitusten selvittäminen, riskianalyysit yms.

Suunnitteluohjeissa esitetyt mitoitusperusteet ja ohjeet perustuvat fysikaalisten ilmiöiden laskennalliseen mallintamiseen, mallien testaamisesta ja soveltamisesta saatua tietoon sekä väylistä ja väylänavigoinnista saatua käytännön tietoon ja kokeemukseen.

Ohjeet pohjautuvat yleisesti käytettyihin kansainvälisiin ohjeisiin ja suosituksiin, joko sellaisenaan tai sovellettuina Suomen olosuhteisiin.

Suunnitteluohjeissa ei yksityiskohtaisesti toisteta muissa ohjeissa ja määräyksissä esitettyjä asioita, vaan tarkempiin ohjeisiin viitataan aina tarpeen mukaan tekstissä ja lisäksi nämä ohjeet ja muut lähdeaineistot on listattu lähdeluetteluun.

Väyliin liittyvät peruskäsitteet on esitetty Liikenneviraston ohjeessa "Väyliin liittyviä käsitteitä" (31.10.2011).

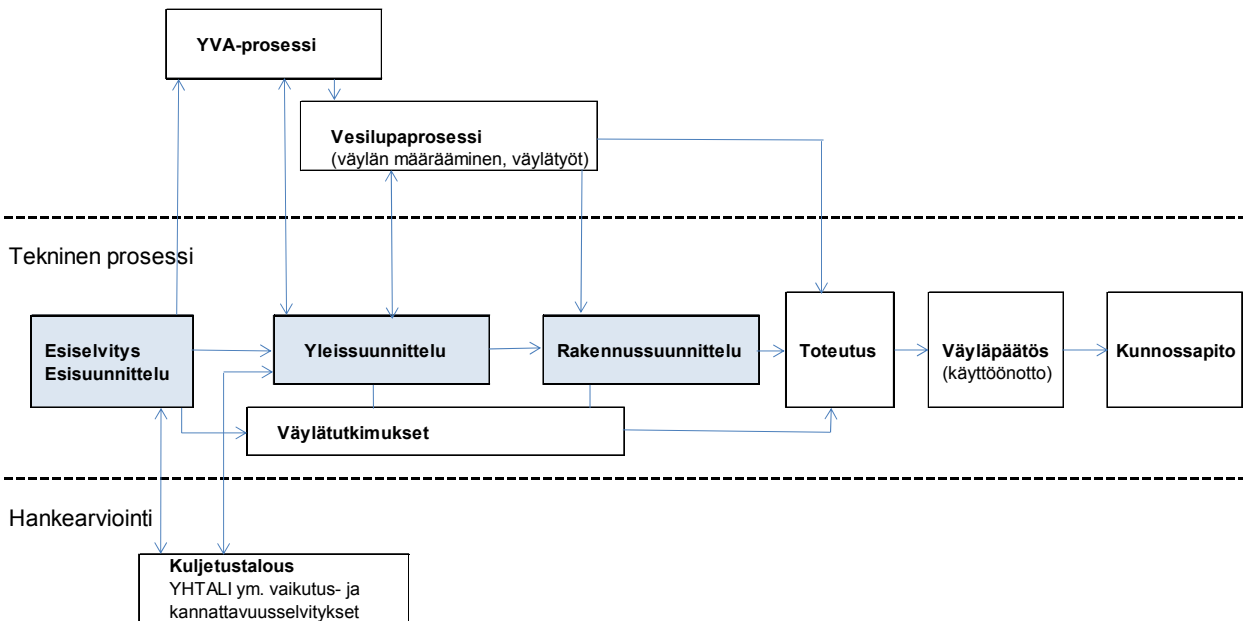
2 Laivaväylien suunnitteluprosessi

2.1 Prosessin vaiheet

Laivaväylän suunnitteluprosessi voi olla hyvinkin monivaiheinen hankkeesta ja sen laajuudesta riippuen. Hankesuunnittelussa on tyypillisesti erotettavissa kolme perustasoa: esisuunnittelu, yleissuunnittelu ja rakennussuunnittelu, siitä riippumatta, onko kysymyksessä uuden väylän rakentaminen tai olemassa olevan väylän parantaminen. Tyypillisen vesiväylähankkeen päävaiheet on esitetty kuvassa 2.1. Vesiväylähankkeiden vaiheet on kuvattu tarkemmin ohjeessa ”Vesiväylähankkeet; kokonaisuudet ja sisällönhallinta”, Liikennevirasto 5/2009.

VESIVÄYLÄHANKKE

Ympäristö- ja lupaprosessit



Kuva 2.1 Vesiväylähankkeen kulku.

Esisuunnittelu

Esisuunnitelma on ensimmäinen karkea ja yleispiirteinen suunnitelma toteutettavasta hankkeesta perustuen olemassa oleviin, osiin puutteellisiinkin lähtötietoihin. Mitoituksessa voidaan käyttää karkeita likiarvosääntöjä.

Esisuunnitelman pohjalta arvioidaan hankkeen jatkoedellytyksiä ja päätetään jatko-suunnitteluun otettavista varteenotettavimmista vaihtoehdoista. Esisuunnittelu ohjaa myös ensimmäisen vaiheen tutkimussuunnittelua.

Yleissuunnittelu

Yleissuunnittelu on vesiväylänsuunnittelun perustaso sisältäen seuraavat vaiheet ja osa-alueet:

- väylän mitoitusperusteiden määrittely
- väylän mitoitusarvojen määrittäminen
- väylägeometrian yksikäsitteinen määrittäminen (väylän linjaus, väyläalue/väylätila)
- hankkeen toteuttamiseksi tarvittavien väylätöiden ja niiden kustannusten määrittely (mm. ruoppaus- ja merkintätyöt)
- hankkeen toteutusedellytysten arviointi ja jatkotoimenpiteiden määrittely

Yleissuunnitelma on kokonaisvaltainen esitys hankkeesta painottuen teknisiin ratkaisuihin (mitoitus ja rakentamistoimenpiteet), mutta sisältää tarvittavassa laajuudessa kaikki oleelliset hankkeeseen vaikuttavat tekijät (tarve, tavoitteet, vaikutukset ja toteutusedellytykset). Yleissuunnitelma toimii myös vesilupasuunnitelman pohjana.

Yleissuunnittelu voi sisältää useampia toteutusvaihtoehtoja niin mitoituksen kuin linjauksen tai merkinnänkin osalta. Vaihtoehdot on vertailukelpoisuuden säilyttämiseksi suunniteltava ja selvitettävä samaa tarkkuustasoa noudattaen.

Yleissuunnitteluun voi tarpeen ja tilanteen mukaan sisältyä eri vaiheita, joilla hallitaan suunnittelua sekä sisällöllisesti että ajallisesti: alustava yleissuunnittelu, varsinainen yleissuunnittelu ja tarkennettu yleissuunnittelu. Yleissuunnittelun edetessä väyläsuunnitelma tarkentuu, ja aina tarkemmalle suunnittelutasolle siirryttäessä myös vaihtoehtojen määrä yleensä vähenee.

Vesilupasuunnittelu ja YVA-prosessi

Vesilupasuunnittelu liittyy vesilain mukaiseen menettelyyn, jossa lupaviranomaiselta haetaan yleisen kulkuväylän määräämistä (väylän perustamislupaa) sekä lupaa väylätöiden toteuttamiselle.

Vesilupasuunnittelun pohjana toimii tarkkuustasoltaan yleissuunnitelmatasoinen väyläsuunnitelma, jossa väylän sijainti ja mitat sekä väylän toteuttamiseksi tarvittavat luvanvaraiset toimenpiteet on riittävällä tarkkuudella määritetty. Väylän suunnitteluun ja mitoitukseen ei vesilupasuunnittelun yhteydessä sinällään puututa tai suunnitelmaa siinä mielessä tarkenneta. Vesilupasuunnitelmassa ei voida esittää vaihtoehtoja, joten valinta yleissuunnitteluvaiheessa mahdollisesti esillä olleiden eri vaihtoehtojen kesken on tehtävä ennen vesiluvan hakemista.

Ympäristövaikutusten arviointimenettely (YVA) perustuu lakiin ympäristövaikutusten arviointimenettelystä. Arviointi käydään läpi hankkeen alkuvaiheessa ja ennen vesilupaprosessia. Väylänsuunnitteluun nähden YVA-prosessi sijoittuu esisuunnittelu/alustava yleissuunnittelu -vaiheeseen. Arvioinnissa voi olla mukana useampia eri vaihtoehtoja (varsinkin kaikki ympäristövaikutuksiltaan erilaiset vaihtoehdot), ja vähintään nykytilanne toisena, 0-vaihtoehtona.

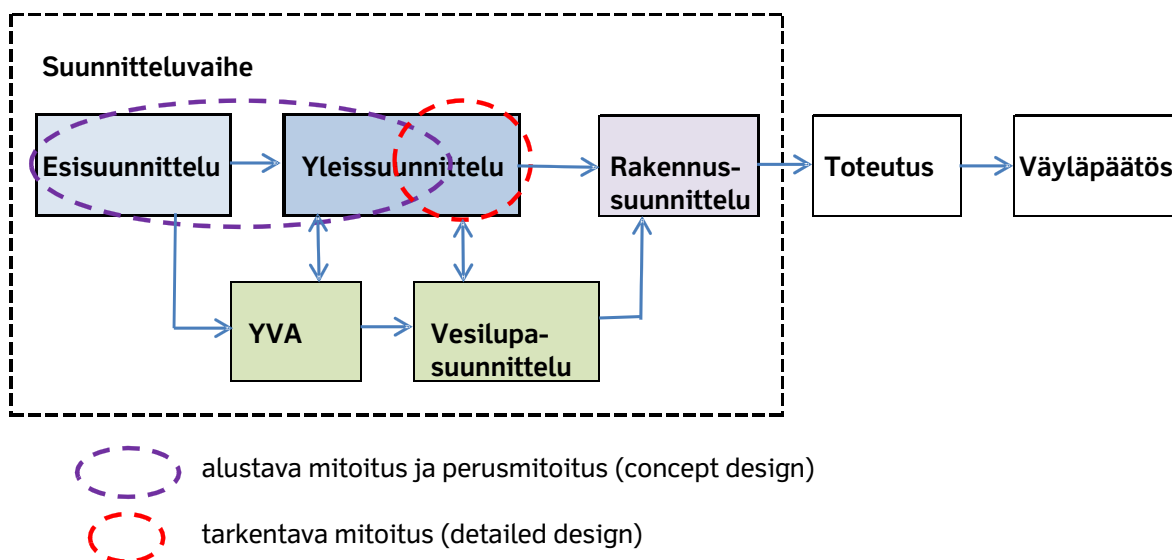
Rakennussuunnittelu

Rakennussuunnittelussa keskitytään hankkeen teknisen toteutuksen esittämiseen eli suunnittelussa määritetään kaikki ne toimenpiteet ja työt, mitä väylän valmistumiseen tarvitaan. Rakennussuunnitelman pohjana on viimeisin hyväksytty yleissuunnitelma. Rakennussuunnitelma ei yleensä sisällä suunnitelmavaihtoehtoja, mutta voi sisältää toteutustapaan liittyviä vaihtoehtoja (vesilupasuunnitelman asettamien reunaehtojen puitteissa).

Rakennussuunnitteluvaiheessa ei yleensä oteta enää kantaa väylän mitoittamiseen, mitoitusperusteisiin tai merkinnän periaatteisiin. Väyläalueeseen, väylän linjaukseen ja merkintään voi rakennussuunnitteluvaiheessa tulla pieniä tarkennuksia ja muutoksia tarkempien pohjatutkimusten ja rakennuskustannusten optimoinnin seurauksena (yleissuunnitelmassa määritettyjen mitoituksen reunaehtojen puitteissa).

2.2 Laivaväylien suunnitteluohjeiden soveltaminen suunnittelun eri vaiheissa

Tekninen väyläsuunnittelu ja mitoitus painottuu hankkeen yleissuunnitteluvaiheeseen. Siinä voidaan karkeasti ottaen erottaa kolme eri vaihetta: alustava mitoitus, perusmitoitus ja tarkentava mitoitus. PIANCin (The World Association for Waterborne Transport Infrastructure) väyläsuunnitteluohjeissa käytetään suunnittelun vaiheistuksessa termejä **concept design** (kattaa alustavan ja perusmitoituksen) ja **detailed design** (tarkentava mitoitus). Suunnittelun ja mitoituksen vaiheet ja yhteydet vesiväylähankkeessa on esitetty yleispiirteisesti kuvassa 2.2., yksityiskohtaisemmin liitteessä 1



Kuva 2.2 Suunnittelun ja mitoituksen vaiheet.

2.2.1 Alustava mitoitus ja perusmitoitus (Concept design)

Suunnitteluprosessin alkuvaiheessa, kun suunnittelu on vielä kokonaisuutena suhteellisen karkealla tasolla (esisuunnittelu ja alustava yleissuunnittelu), voidaan myös mitoituksessa käyttää yleisiä ohje- ja suositusarvoja ja/tai vastaavien toteutettujen väylien mitoitusarvoja.

Varsinaisessa yleissuunnittelussa (väylän perusmitoituksessa) käytetään yksityiskohtaisempia mitoitusarvoja. Kaikki mitoitukseen vaikuttavat yksittäiset tekijät huomioidaan niin tarkasti kuin se laskennallisten menetelmien, mitoitusohjeiden ja käytettävissä olevien lähtötietojen puitteissa on mahdollista. Simulaattorikokeita voidaan hyödyntää mitoitusarvojen määrittämisessä ja vaihtoehtojen vertailussa.

2.2.2 Tarkentava mitoitus (Detailed design)

Tarkentavassa mitoituksessa tarkastellaan väylän navigoitavuutta paikalliset liikenne- ja ympäristöolosuhteet tarkemmin huomioiden. Varsinkin merkittävässä hankkeessa voi olla tarpeen varmistaa, että laskennalliset mitoitusarvot ovat riittävät ja että suunniteltu väylä toimii myös käytännössä. Toisaalta voi olla myös tilanteita, joissa laskennallisesti saaduista ohjeellisista mitoitusarvoista joudutaan esim. kustannussyistä tinkimään, ja väylän toimivuutta näillä minimiarvoilla on tarpeen tarkemmin vielä tutkia. Tavoitteena on, että väylän käytettävyys ja turvallisuus pyritään kaikissa tilanteissa varmistamaan samalla kun haetaan optimiratkaisua väylän käytettävyyden, kustannusten ja riskitasojen välillä.

Tarkennetussa mitoituksessa erikseen huomioitavina seikkoina ja lisäselvityksinä voivat tulla kyseeseen:

- ruoppauskustannusten ja pohjan laadun vaikutusten arviointi ja mahdollinen huomiointi väylän mitoituksessa
- vaarallisen lastin huomiointi
- väylän mahdolliset käyttösuositukset ja -rajoitukset
- hinaajien käyttö ja sen vaikutus mitoitukseen
- olosuhdetietojen ja niiden vaikutusten tarkempi arviointi (mm. aallokko, vedenkorkeusvaihtelut, jääolosuhteet)
- mahdolliset tarkemmin arvioitavat ympäristötekijät
- tarkentavat simulaattorikokeet ja mallikokeet
- riskikartoitus.

Selvitysten sisältöä ja tavoitteita on eritelty tarkemmin kohdassa 7.

Tarkentava mitoitus ajoittuu prosessissa yleissuunnittelun loppuvaiheeseen (yleensä tarkennettuun yleissuunnitelmaan, jos sellainen hankkeessa laaditaan). Osassa suunnitteluhankkeita kaikki mitoitukseen liittyvät suunnittelutekniset kysymykset saadaan ratkaistua jo perusmitoitusvaiheessa, jolloin tarvetta tarkentaviin mitoitus-tarkasteluihin ei välttämättä ole.

2.2.3 Väylän käyttäjien kuuleminen

Suunnitteluprosessin aikana sen eri vaiheissa on tärkeää olla yhteydessä väylän käyttäjiin käytännön kokemukseen perustuvien näkemysten saamiseksi väylän käytettävyydestä sekä muista tekijöistä, joihin suunnittelija ei ehkä muuten huomaisi kiinnittää huomiota. Varsinkin olemassa olevien väylien kehittämishankkeissa käyttäjiltä saa kokemuseräistä palautetta mm. väylän nykyisen linjauksen ja merkinnän toimivuudesta ja paikallisista olosuhdetekijöistä.

Palautetta antavina käyttäjätahoina tulevat kyseeseen lähinnä alueen luotsit, väylällä säännöllisesti liikennöivien alusten päälliköt sekä jäänmurtajien päälliköt (talviliikenteen olosuhteiden huomiointi).

Väylältä tehtävissä simulaattorikokeissa tulisi mahdollisuuksien mukaan käyttää alueen luotseja, sekä mallin oikeellisuuden testaamisessa että myös varsinaisissa simulaattoriajoissa.

Väylähankkeeseen liittyvästä muusta vuorovaikutuksesta on enemmän Liikenneviraston ohjeessa ”Vuorovaikutus vesiväylähankkeissa” (Dnro 485/070/2012, 13.2.2012).

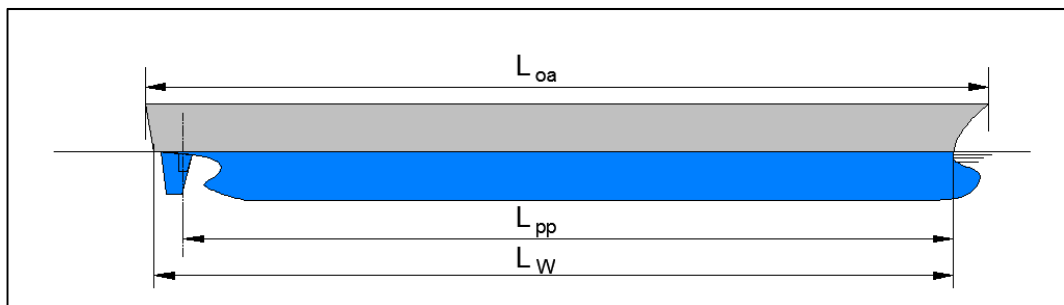
3 Suunnittelun lähtökohdat

3.1 Alusten mitat ja navigointiominaisuudet

3.1.1 Alusten koko ja päämitat

Alusten mitat ja mittasuhteet vaihtelevat sen mukaan, mihin käyttötarkoitukseen alus on suunniteltu. Alusten koko ilmaistaan yleensä aluksen lastikapasiteettina. **DWT** (**dead weight tonnage**, kuollut paino) tarkoittaa aluksen kantavuutta eli aluksen lastin, polttoaineiden, vesivarastojen, tarvikkeiden ja henkilöiden suurinta yhteispainoa. **GT** (**gross tonnage**) on aluksen kokonaisvetoisuus (aluksen ja sen lastitilojen yhteistilavuus, ilmoitetaan bruttorekisteritonneina). Konttialuksille käytettävä lastiyksikkö **TEU** (**twenty-foot equivalent units**) ilmaisee, kuinka monta 20 jalan konttia alus pystyy lastaamaan.

Väylän mitoituksessa keskeiset alusmitat ovat aluksen pituus, leveys ja syväys. Aluspituuden osalta mitoituksen kannalta määräävä on aluksen vesilinjan pituus L_w , jonka likiarvona voidaan käyttää aluksen perpendikkelipituutta L_{pp} , joka on pituus aluksen peräsinakselista keulan vesilinjaan (kuva 3.1). Jos väylällä on alikulkukorkeutta rajoittavia tekijöitä (sillat, ilmajohdot), tulee myös aluksen korkeus vedenpinnasta mitattuna mitoituksessa huomioitavaksi.



Kuva 3.1 Aluksen suurin pituus L_{oa} , perpendikkelipituus L_{pp} ja vesilinjan pituus L_w .

Alusten rungon muoto, jota kuvaa nk. täyteläisyyskerroin (block coefficient, C_B), vaihtelee alustyypeittäin ja vaikuttaa aluksen navigoitavuuteen. Mitä suurempi kerroin on, sitä laatikkomaisempi aluksen runko on muodoltaan.

Alusten päämitoista ja niiden välisistä suhteista voidaan yleisesti todeta:

- Tankki- ja bulk-alusten mittasuhteet pysyvät suhteellisen vakiona kantavuudesta riippumatta. Näillä aluksilla on suuri uppouman täyteläisyysaste. LNG-alusten leveys ja pituus ovat normaalia suuremmat aluksen syvyyteen nähden.
- Kontti- ja ro-ro-aluksilla pituus suhteessa leveyteen on keskimääräistä suurempi. Myös maksimituulipinta näillä aluksilla on suuri. Konttialuksilla uppouman täyteläisyysaste on vähän pienempi kuin ro-ro-aluksilla.
- Kappaletavara-alukset ovat mittasuhteiltaan lähinnä ”keskivertoalustyyppiä”
- Autonkuljetus- ja lautta-alusten sekä risteilijöiden syväys suhteessa leveyteen on selvästi keskimääräistä pienempi. Autonkuljetusalusten ja risteilyalusten maksimituulipinta on suuri. Risteilyalukset ovat lisäksi huomattavan pitkiä suhteessa leveyteen.

Alusten mittasuhteiden eroavuuksista johtuen väylänsuunnittelussa yksi alustyyppi saattaa määrätä väylän syvyyden ja toinen väylän leveyden. Lisäksi saattaa vielä olla tarpeen tarkistaa mitoitus jollekin ylisuurelle alukselle, joka käyttää väylää vain satunnaisesti.

Alusten mastonkorkeudet vaihtelevat huomattavan paljon ja siksi alikulkukorkeuden määrittäminen vaatii useimmiten erillisen selvityksen. Alikulkukorkeus saattaa määräytyä myös reitin varrella jo olemassa olevan infrastruktuurin (esim. nykyisten kiinteiden siltojen) perusteella, jolloin aluskaluston tulee mukautua vallitsevaan tilanteeseen.

Alusten päämittoja alustyypeittäin on esitetty taulukkomuodossa liitteessä 2.

3.1.2 Alusten navigointiominaisuudet

Alukset ovat navigoitavuudeltaan yksilöllisiä. Väylän mitoitusta ei tule suorittaa ominaisuuksiltaan poikkeuksellisen aluksen perusteella, vaan mitoituksen lähtökohtana tulee yleensä olla alus, jonka navigoitavuus on normaali arvosteluasteikolla: hyvä – normaali – huono.

Keskeisiä väylänsuunnitteluun vaikuttavia aluksen navigoitavuuden ominaisuuksia ovat aluksen kääntymisominaisuudet, suuntavakavuus ja pysähtymisominaisuudet. Myös aluksen tuulipinta-ala vaikuttaa tuuliolosuhteissa aluksen ohjailtavuuteen.

Kääntymisominaisuudet

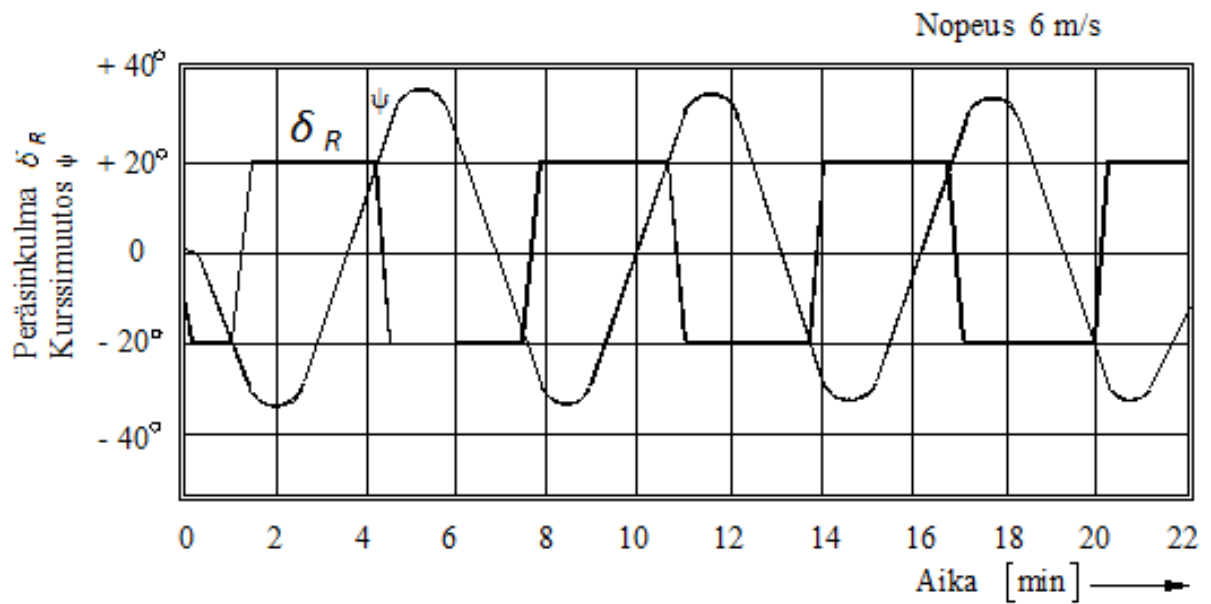
Aluksen kääntymisominaisuuksiin vaikuttaa:

- rungon muoto (täyteläisyys ja keulabulbi)
- peräsimien lukumäärä ja pinta-ala suhteessa aluksen lateraalialaan
- peräsimen kääntymisnopeus
- potkurien lukumäärä ja kiertosuunta
- propulsiojärjestelmät
- pienillä nopeuksilla (alle 5 solmua) mm. keulapotkuri.

Aluksen kääntäminen ajon aikana riippuu lisäksi:

- peräsinkulmasta
- aluksen nopeudesta
- tuulesta ja aluksen tuulipinta-alasta
- aallokosta
- vesisyvyydestä.

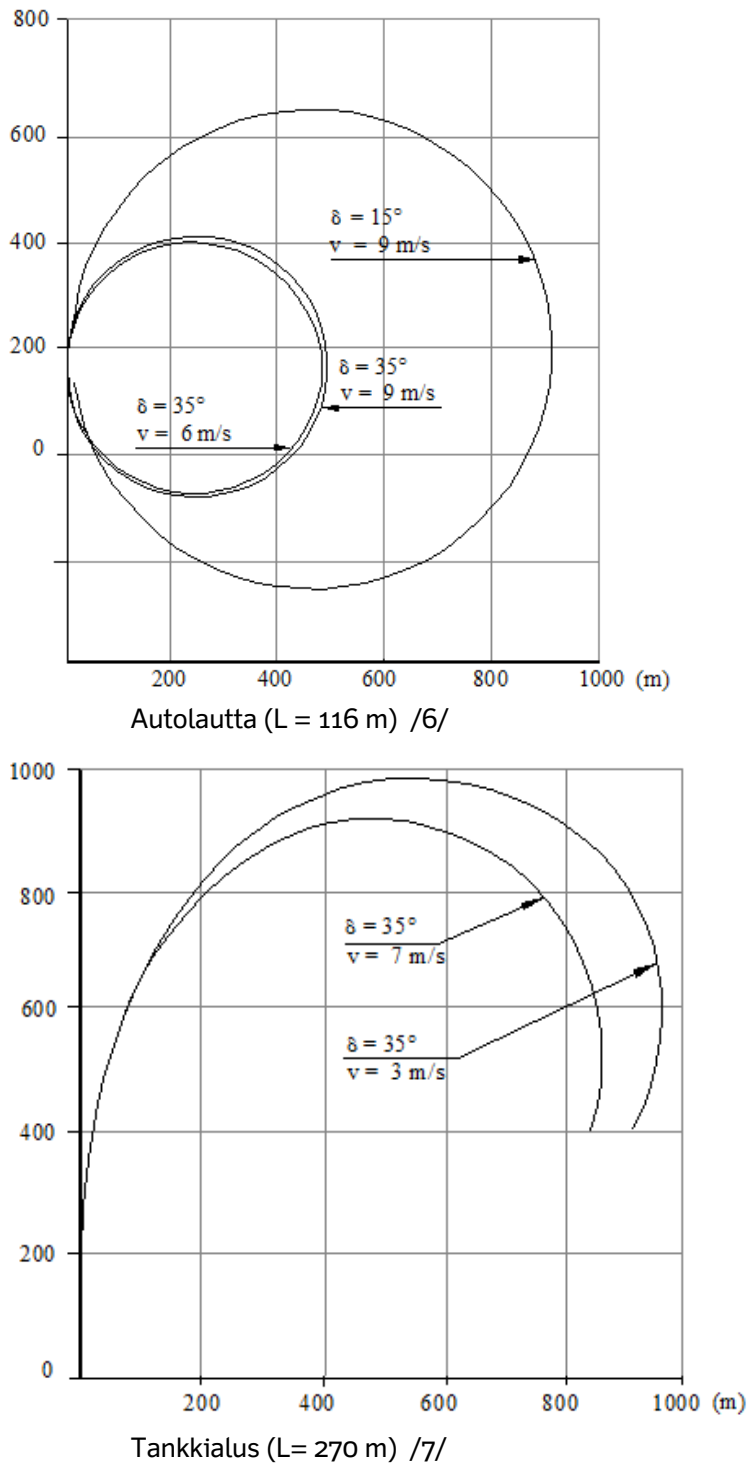
Aluksen kääntymisominaisuuksia tutkitaan mm. Z-kokeella (kuva 3.2), missä aluksen peräsin käännetään 20 astetta vasemmalle ja odotetaan, kunnes aluksen kurssin muutos on 20 astetta vasemmalle, jolloin peräsin käännetään 20 astetta oikealle ja odotetaan jälleen, kunnes kurssin muutos on 20 astetta oikealle.



Kuva 3.2 Aluksen Z-koe ($L = 210 \text{ m}$) /8/.

Z-kokeen tuloksista voidaan laskennallisesti määrätä mm. aluksen kääntymiskäyrä, joka useimmiten määrätään myös kokeellisesti. Kuvassa 3.3 on esitetty autolautan ja tankkialuksen kääntymiskäyrät peräsinkulman ja nopeuden funktiona. Alusten kääntymisestä voidaan tehdä seuraavat johtopäätökset:

- aluksen kääntymisnopeus (kurssinmuutosnopeus) on riippuvainen ensisijaisesti peräsinkulmasta
- nopeuden vaikutus kääntymiseen on väyläsuunnittelun kannalta merkitykseltön, kunhan nopeus vain on aluksen ohjailukyvyyn kannalta riittävä
- alus kulkee lähes suoraan kääntymiskomennon jälkeen 1–2 aluspituutta
- nimellinen kaarresäde pienenee kurssinmuutoksen kasvaessa.

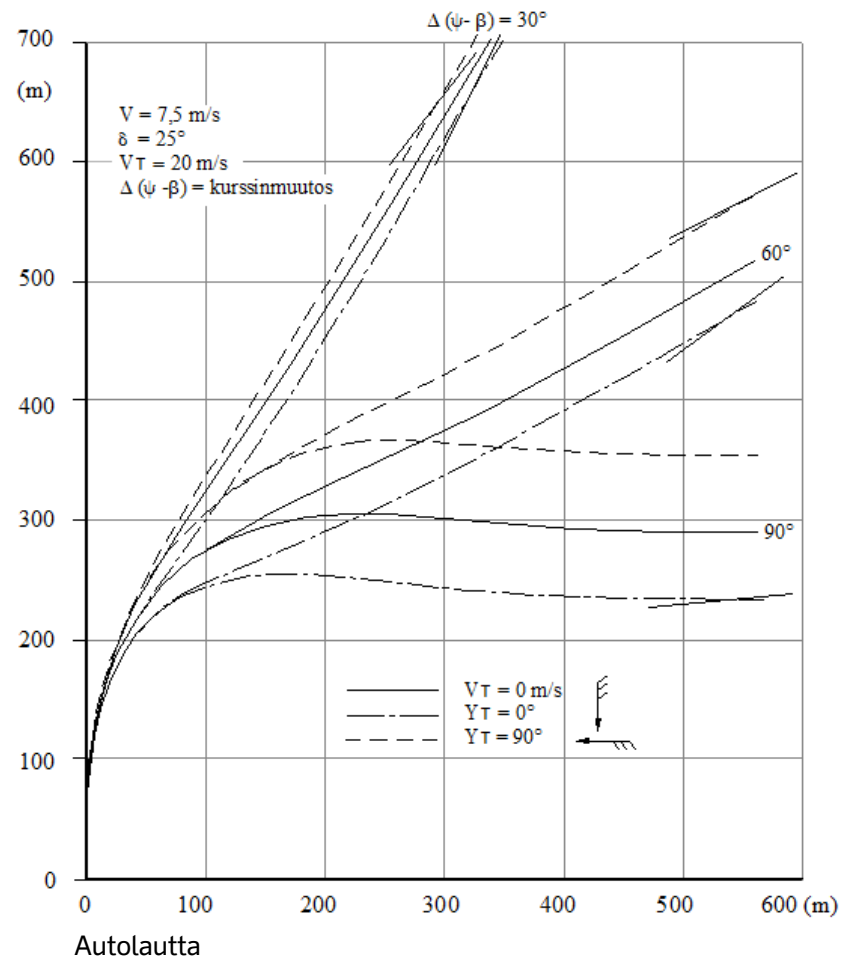


Kuva 3.3 Autolautan ja tankkialuksen kääntymiskäyriä.

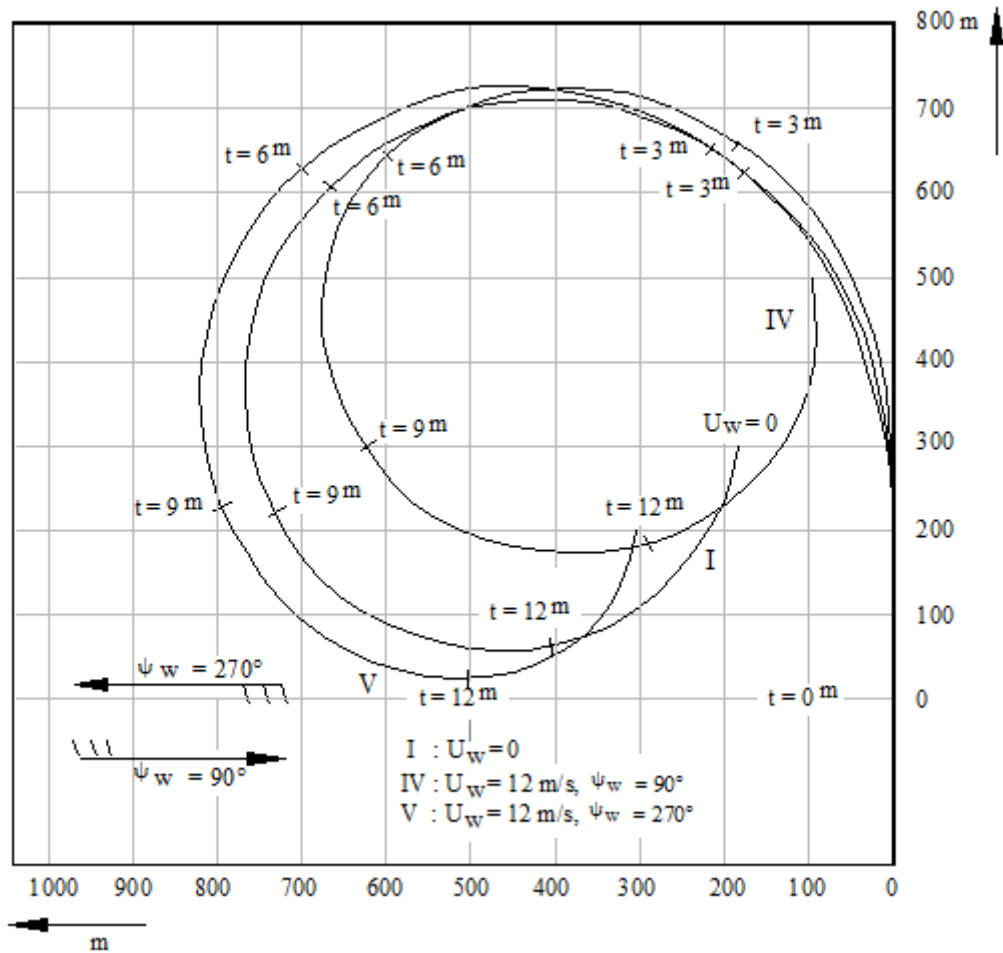
Myös ulkoiset olosuhteet vaikuttavat aluksen kääntymiseen:

- Tuuliolosuhteille herkimpiä ovat alukset, joilla on suuri tuulipinta (mm. lautat ja konttialukset, autonkuljetusalukset, LNG-alukset).
- Täydessä lastissa olevat tankki- ja bulk-alukset ovat melko tunteettomia tuulelle. Painolastissa oleva tankkialus kääntyy nopeuksilla 10–15 solmua normaalisti, mutta pienillä nopeuksilla (satama-alueella) tarvitaan hinaaja-apua.

- Tuulivaikutuksen suuruuteen vaikuttaa myös tuulen suunta alukseen nähden (kuva 3.4).
- Tuulen vaikutus aluksen kääntymiseen kasvaa alusnopeuden pienetessä.
- Matala vesi hidastaa aluksen kääntymistä (kaarresäde kasvaa).



Kuva 3.4 Tuulen vaikutus autolautan kääntymiseen /6/.



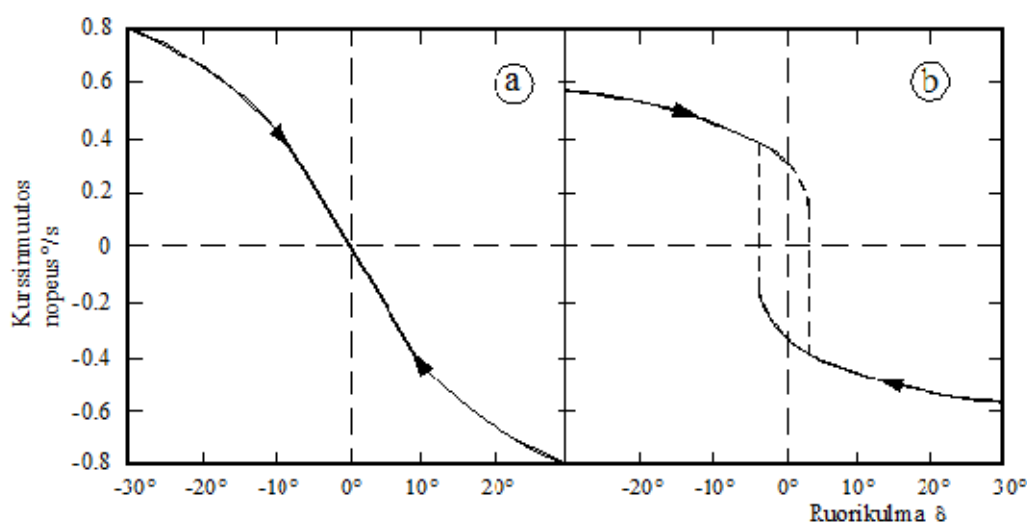
Konttialus ($L = 210$ m, alusnopeus $v = 4$ m/s)

Kuva 3.4 Tuulen vaikutus konttialuksen kääntymiseen /8/.

Suuntavakavuus

Alus on suuntavakaa silloin, kun se käännöksen jälkeen alkaa kulkea suoraan vietäessä peräsin keskelle. Epävakaa alus puolestaan jatkaa kääntymistään, ellei peräsintä viedä keskiasennon yli (kuva 3.5). Suuntavakavuus helpottaa navigointia sekä tekee navigoinnin turvallisemmaksi, mutta suuntavakavuus ei sinänsä vaikuta väylän mitoitukseen, koska aluksen käyttäytyminen on tiedossa ja suuntavakavuus otetaan navigoitaessa joka hetki huomioon.

Alukset, joilla pituuden suhde leveyteen on suurempi kuin 6,5 ovat suuntavakaampia kuin alukset, joilla tämä suhdeluku on alle 6.



Kuva 3.5 Aluksen suuntavakavuus: Suuntavakaa (a) ja epävakaa (b) alus.

Pysähtymisominaisuudet

Alus saadaan pysähtymään joko pysäyttämällä koneet ja antamalla kulkuvastuksen pysäyttää eteneminen tai tekemällä ns. hätäjarrutus, missä alus pysäytetään koneilla. Molemmissa tapauksissa alus menettää suurelta osin ohjattavuutensa ja ajautuu sivuun aikaisemmalta kurssilta. Mitä voimakkaampaa jarruttaminen on, sitä enemmän alus voi ajautua väylän poikkisuunnassa. Siten alueet, joilla joudutaan jarruttamaan voimakkaasti, on tehtävä leveämmäksi, kuin jos jarrutus voi olla hidasta. On selvää, että voimakas jarruttaminen suoritetaan vain, jos nopea pysäyttäminen on välttämätöntä esimerkiksi yhteentörmäyksen estämiseksi.

Taulukossa 1 on esitetty 20 000–200 000 dwt alusten pysäytysmatka nopeudesta 5 solmua. Hinaaja-avustusta käytettäessä aluksen pysäytysmatka alle 4 solmun nopeudesta on 1,5–2 x aluspituus siitä hetkestä, kun hinaajat ovat kiinni ja pysäytys alkaa. Jos aluksen nopeus ylittää 5 solmua, pysäytykseen tarvittava matka, kun koneet käyvät ”puolella taakse”, voidaan määrittää karkealla tarkkuudella kaavalla:

$$D = 4 * L * \left(\frac{v}{2,5}\right)^{\frac{3}{4}} + L$$

D = pysäytysmatka m

L = aluksen pituus m

v = aluksen nopeus m/s, $v > 2,5$ m/s

Taulukko 1. Aluksen pysäytysmatka nopeudesta 5 solmua.

Kantavuus Dwt	Pysäytystapa	Suhde: Matka D / Aluspituus	Keskimääräinen py- säytysmatka D m
20 000	a: täysi taakse	2,3	370
	b: puoli taakse	2,7	600
	c: hitaasti taakse	7,2	1 150
50 000	a	1,9	400
	b	4,0	870
	c	6,8	1 500
100 000	a	2,3	580
	b	3,8	980
	c	5,7	1 450
200 000	a	2,7	850
	b	4,1	1 250
	c	6,6	2 050

3.2 Liikenteelliset tekijät

Suunniteltavan väylän liikenne ja sen määrä ovat ratkaisevia tekijöitä arvioitaessa väylähankkeen tarvetta ja kannattavuutta. Hankkeen taloudellisia vaikutuksia ja kannattavuutta selvitetään erikseen rinnan väylänsuunnittelun kanssa omana kuljetus-taloudellisena erillisselvityksenä.

Väylänsuunnittelun näkökulmasta liikenteen määrä ja luonne vaikuttavat mm. seuraaviin asioihin:

- Liikennemäärät Suomen rannikko- ja sisävesiväylillä ovat kansainvälisesti katsottuna pieniä. Lisäksi vesien mataluus, karikkoisuus ja pohjaolosuhteet aiheuttavat sen, että alusten karilleajon ehkäisy on turvallisuutta lisäävistä toimenpiteistä oleellisempi kuin yhteentörmäysten ehkäisy.
- Liikenteen välityskyvyn kannalta yksikaistainen väylä on Suomen liikennemäärillä yleensä riittävä, mutta turvallisuuden lisäämiseksi väylät tehdään leveämmiksi siellä, missä se on ilman merkittäviä lisäkustannuksia helposti toteutettavissa.
- Vaarallisten lastien vaikutus väylän mitoitukseen on otettava tarvittaessa huomioon.
- Tarve käyttää väylää kaikkina vuorokaudenaikoina ja ympärivuotisesti vaikuttaa osaltaan mm. väylän merkintään (valaisu, kiinteä merkintä). Joissakin tapauksissa esimerkiksi jäänmurtokaluston käyttömahdollisuus voi muodostua syvyyden kannalta yhdeksi määrääväksi mitoitustekijäksi tai jääolot väylän ulkopuolelle linjauksen ja väylälevyyden kannalta.
- Säännöllinen aikataulunmukainen liikenne voi vaikuttaa mitoitukseen. Tällöin esimerkiksi alivesitilanteiden hallinta ja sen vaikutus väylän vesisyvyyteen tulee ottaa huomioon. Myös mahdollisten liikenne- ja olosuhderajoitusten asettaminen on tämäntyyppisen liikenteen kohdalla hankalampaa.
- Hyvin erityyppiset liikennetarpeet ja tavaravirrat ja sitä kautta erilaisten alustyyppien käyttö samalla väylällä voi johtaa siihen, että mitoitusaluksia on useampia, tai että mitoitus on ainakin tarkistettava useammalle alustyyppille.

Olemassa olevien liikennetietojen hyödyntäminen

Jos kyseessä on olemassa olevan väylän syventäminen tai muu parantaminen, suunnittelussa kannattaa hyödyntää kaikki nykyisen väylän käytöstä saatavissa oleva tieto: miten väylää navigoidaan, ja mitä mahdollisia puutteita, hankaluuksia ja kehittämistarpeita väylän navigoitavuudessa on havaittu. Tietoa on saatavissa mm. AIS-raporteista ja väylän käyttäjiltä (luotsit alusten päälliköt).

Väyliltä kerättyä AIS-tietoa voidaan hyödyntää väylänsuunnittelussa sekä yksittäisissä suunnitteluhankkeissa että laajempänä tilastollisena aineistona suunnittelu- ja mitoitusperusteiden kehittämisessä. Liikennetietoina AIS-tiedoista voidaan selvittää määrällisesti, minkä tyyppisiä ja kokoisia aluksia väylillä kulkee, alusten käyttämät syväydet sekä alusten käyttämät reitit (jos useampia väylävaihtoehtoja käytettävissä). Tiedoista voidaan lisäksi analysoida mm. seuraavia väylänsuunnittelussa hyödynnettäviä tekijöitä:

- alusten käyttämät ajolinjat, poikkeamat merkityistä väylälinjoista
- alusten käyttämät kaarresäteet, käännösten sijainti
- reunamarginaalit väyläalueeseen ja reunamataliin nähden (väylätilan hyödyntäminen)
- alusten käyttämät nopeudet

3.3 Luonnonolosuhteet

Laivaväylien suunnittelun kannalta merkityksellisiä, Suomen olosuhteille ominaisia piirteitä ovat:

- Suomen rannikkovedet ovat matalia sekä saarten ja karien pirstomia. Tämä johtaa siihen, että kulkusyvyydeltään matalillakin väylillä joudutaan suorittamaan ruoppauksia. Lisäksi pohjan muotojen pienipiirteisyys tekee väylät pakostakin geometrialtaan mutkaisiksi ja epäsäännöllisiksi.
- Ruopattavat matalikot ovat usein joko lohkareista moreenia tai kalliota, joiden poistaminen on kallista.
- Näkyvyys voi syksy- ja talviaikaan olla poikkeuksellisen huono, mikä vaikuttaa turvalaitesuunnitteluun.
- Jää- sekä talviolosuhteet aiheuttavat lisäkustannuksia alusliikenteelle sekä asettavat erityisvaatimuksia turvalaitteiden suunnittelulle, rakenteelliselle kestävyydelle ja toimivuudelle. Jäänmurto ja talviliikenteen operointi voi muodostua jopa yhdeksi määrääväksi mitoitus tekijäksi.
- Virtausnopeudet ovat Suomen merialueilla navigoinnin kannalta yleensä merkityksättömän pieniä lukuun ottamatta Merenkurkun aluetta, missä esiintyy 1,0 ... 1,5 m/s virtausnopeuksia voimakkaiden säämuutosten aikana. Sisävesillä voi olla virtapaikkoja, joissa virtausnopeudet ovat merkittäviä ja lisäksi nopeudet vaihtelevat vedenkorkeuden muuttuessa.
- Vedenkorkeuden muutokset ovat Itämeren alueella satunnaisia, sekä ajoituseltaan, kestoltaan että suuruudeltaan. Valtamerien vuorovesi-ilmiöön verrattuna vedenkorkeuden muutokset ovat pieniä, mutta erilaisesta luonteesta johtuen vaikeammin ennakoitavissa. Sisävesillä vedenkorkeuden muutokset voivat olla väylien syvyyteen verrattuna suuria, mutta hitaita. Toisaalta sisävesillä vertailutasona käytettävä purjehduskauden alivesi aiheuttaa sen, että vedenkorkeusvaihteluiden merkitys ei ole samalla tavalla kriittinen kuin merialueilla.

- Pohjanlahdella maannousema aiheuttaa vuosien myötä vähäistä pienenemistä väylän alkuperäiseen varaveteen. Esimerkiksi Kemissä maannousema on 6,4 mm/vuosi. Toisaalta merivedenpinnan nousu osaltaan kompensoi maannousun aiheuttamaa keskiveden alenemaa.
- Liettyminen ei yleisesti ottaen ole ongelma Suomen väylillä. Se rajoittuu lähinnä tietyille alueille ja väylille, ja tulee näissä ottaa tapauskohtaisesti huomioon, esim. ylimääräisenä lisänä väylän varaveteen.

3.4 Koordinaatisto ja korkeustaso

Väyläsuunnitelmat ja tutkimukset on toistaiseksi sidottu kartastokoordinaattijärjestelmään (KKJ). Jatkossa vesiväyliä suunnittelussa on tarkoitus siirtää EUREF-FIN-koordinaattijärjestelmään.

Korkeuden vertailutasona on merialueilla tietyn vuoden keskivedenpinnan taso (MW) ja sisävesillä pääsääntöisesti purjehduskauden aliveden taso (NWnav). Siirtymistä valtakunnalliseen N2000-vertailutasoon on suunniteltu.

EUREF-FIN -koordinaatistoon tai N2000-korkeustasoon siirtymisen tarkkaa aikataulua ei ole päätetty.

Väyläsuunnitelmassa käytetyt koordinaatisto ja korkeustaso ilmoitetaan hankkeen suunnitteluperusteissa ja suunnitelmissa.

Suomalaisten merikarttojen syvyystiedot ja merenmittaukset perustuvat kansainvälisen merikartoitusjärjestön IHO:n merenmittausnormiin S-44, ed. 5 (helmikuu 2008) ja sen kansalliseen realisointiin FSIS-44 (Finnish and Swedish joint implementation of the IHO Standards for Hydrographic Surveys Special Publication No 44, 5th edition). S-44 on noudatettava vähimmäisnormi.

Merenmittauksissa käytetään EUREF-FIN koordinaatistoa ja N2000 korkeusjärjestelmää

- JHS 153 ETRS89-järjestelmän mukaiset koordinaatit Suomessa
- JHS 154 ETRS89 -järjestelmään liittyvät karttaprojektiot, tasokoordinaatit ja karttalehtijako
- JHS 163 Suomen korkeusjärjestelmä N2000

4 Väylän suunnittelu ja mitoitus

4.1 Mitoitusalus

Väylän suunnittelussa ja mitoituksessa lähtökohtana on väylälle määritetty mitoitusalus, jonka mukaan väylän päämitat ja geometria määritetään.

Mitoitusalus on normaalisti suurin väylää toistuvasti täydessä lastissa ja väylän täyttää kulkusyvyyttä käyttävä alus, jonka navigointiominaisuudet ovat ko. alustyyppiin nähden keskitasoiset.

Mitoitusaluksia voi olla myös useita, varsinkin jos väylää liikennöi erilaisista kuljetustarpeista johtuen eri alustyyppien aluksia. Esimerkiksi bulk-alus vaatii suurimman väyläsyvyyden, mutta esim. konttialus tai LNG-alus voi olla määräävä väyläleveyyttä tarkasteltaessa.

Väylän mitoitus voi olla tarpeen tarkistaa myös vajaanastatulle, poikkeuksellisen suu-
relle aluskoolle (nk. ylisuurelle alukselle). Tällainen alus käyttää väylää yleensä vain tietyissä normaalia paremmissa olosuhteissa ja/tai hinaajien avustuksella. Myös jäänmurtaajat voivat joissakin tilanteissa tulla määrääviksi väylän mittoja suunniteltaessa.

Mitoitusaluksen tyyppi vaikuttaa myös aluksen ohjailtavuuteen ja tuulipinta-alaan, ja rungon muotoon, joilla tekijöillä vaikutus linjauksen, väylälevyyden ja varaveden määrittämisessä.

Mitoitusaluksen valinta voi perustua jo hankkeen suunnitteluvaiheessa tiedossa olevaan väylää sen valmistuttua käyttävään tiettyyn yksilöityyn aluskokoon ja tyyppiin, tai alustilastojen perusteella tiettyä alustyyppiä edustavaan alukseen ja sen mittoihin. Aluskokojen ja mittojen kehittyminen ja niissä vaikuttavat trendit on syytä ottaa mahdollisuuksien mukaan huomioon. Trendinä on ollut varsinkin aluslevyyden kasvaminen aluksen syvyyden pysyessä ennallaan. Toisaalta alusten ohjailtavuus ja paikannusmenetelmät myös kehittyvät, mikä osaltaan kompensoi suuremmasta aluslevydestä johtuvaa väylätilan lisätarvetta. Suurimmat väylää käyttävät alukset voivat olla kooltaan mitoitusalusta suurempia (mitoitusalus ei välttämättä edusta väylän maksimialusta).

Yleensä mitoitusaluksen katsotaan olevan navigointiominaisuuksiltaan alustyyppinsä keskimääräistä tasoa. Jos suunniteltavaa väylää liikennöivä, mitoitusaluksena käytettävä alus on tarkkaan yksilöity ja tiedossa, ja jos sen navigointiominaisuudet ovat keskimääräistä selvästi paremmat, voidaan tämä ottaa väylän mitoituksessa huomioon esim. niin, että mitoituksessa on mahdollista käyttää paikoin normaalimitoitusta pienempiä minimiarvoja. Vastaavankokoisille, navigointiominaisuuksiltaan keskimääräistä huonommille aluksille tämä voi vastaavasti merkitä käytännössä erilaisia käytö- ja olosuhderajoituksia väylän käytössä.

Mitoitusaluksesta esitetään vähintään seuraavat tiedot:

- aluksen tyyppi
- kokoluokka (dwt)
- aluksen pituus L_{pp}
- aluksen leveys B
- aluksen syväys T .

Muita aluksesta esitettäviä tietoja voivat olla mm. aluksen tarkempi tyyppi, varustus sekä nimi, jos kyseessä on tietty, jo tiedossa oleva suunniteltavaa väylää käyttävä alus.

4.2 Väylän linjaus

4.2.1 Linjauksen suunnittelu, yleisiä periaatteita

Väylän linjauksen suunnittelussa pyritään väylän navigoitavuuden, väylämerkinnän, kustannusten ja liikenteellisten vaikutusten kannalta optimiratkaisuun.

Suunnitellun linjauksen tulee lähtökohtaisesti edustaa mitoitusaluksen kannalta luonnollista, optimaalista ajolinjausta kyseisellä väylällä. Suunnitellun linjauksen tulee olla myös sellainen, että sitä noudattamalla alus pystyy selviytymään geometrialtaan vaikeimmistakin väyläkohdista.

Linjauksen suunnittelussa otetaan huomioon mm. seuraavia näkökohtia:

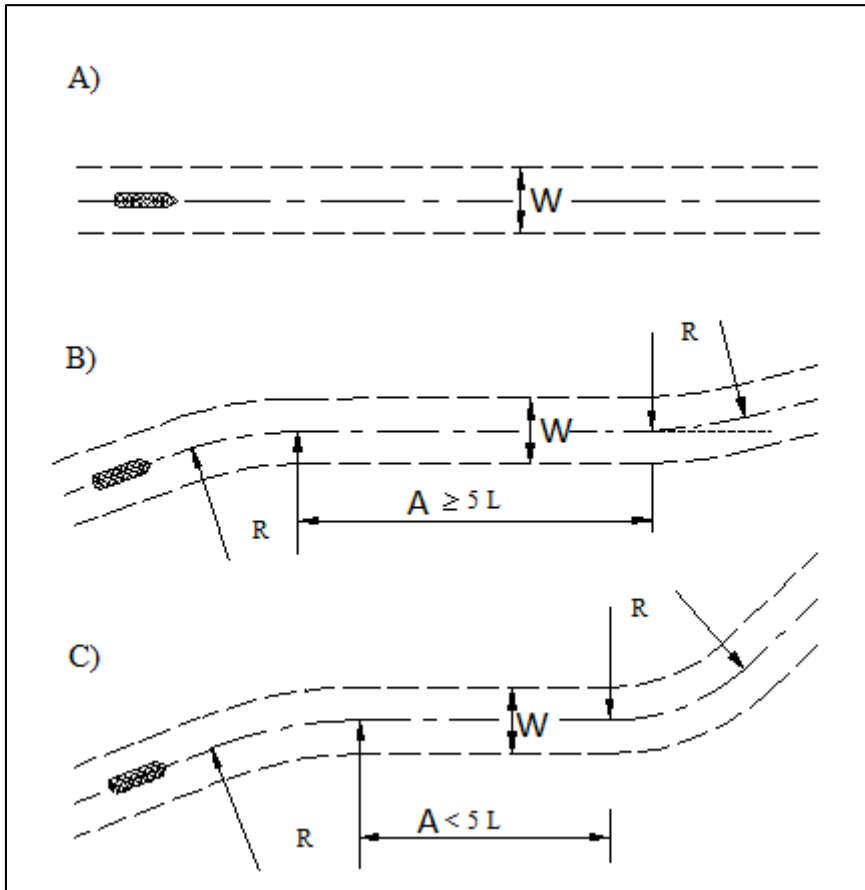
- Linjauksen tulisi olla mahdollisimman suora ja kokonaispituudeltaan mahdollisimman lyhyt (pyrkimyksenä väyläpituuden ja käännösten minimointi). Aluksen ohjaaminen pitkin suoraa väylälinjaa on helpointa, tarkinta ja turvallisinta. Väylämutka on aina tietynlainen riskitekijä väylällä. Suoralla väylällä navigoitaessa voidaan aluksen paikka suhteessa käytettävissä olevaan väylätilaan tarkistaa helposti linjamerkkien ja väylän reunamerkinnän avulla.
- Lyhyitä väylälinjoja on pyrittävä välttämään. Väylälinjan tulee olla niin pitkä, että aluksella on aikaa käännöksen jälkeen hakeutua uudelle väylälinjalle ja sen paikka väylälinjalla ehditään tarkistaa ennen kuin seuraava käänнос on aloitettava. Kaarteiden väliin jäävän suoran osan minimipituutena voidaan 10 ... 15 solmun nopeudella pitää 5 x aluspituus. Alle 10 solmun nopeudella riittää 3 x aluspituus. Mahdollisimman pitkien väylälinjojen rakentaminen ei ole kuitenkaan itsetarkoitus. Pitkän väylälinjan jakaminen esimerkiksi kahdeksi linjaksi voi olla tarkoituksenmukaista käytettävissä olevan täyssyvän vesialueen (suurempien reunamarginaalien) hyödyntämisen ja merkinnän toteuttamismahdollisuuksien kannalta. Hyvin pitkillä linjoilla myös linjamerkinnän näkyvyys on huonoissa näkyvyysolosuhteissa rajoitetumpaa, ja linjamerkkien koko (korkeus ja taulujen koko) voi kasvaa kohtuuttoman suureksi.
- Vallitsevat tuulen ja virtausten suunnat
- Jääolosuhteet (mm. jäiden liikkuminen, ahtojääalueet)

- Jyrkkien käännösten välttäminen. Joissain tilanteissa (käytettävissä olevasta väylätilasta ja merkinnästä riippuen) voidaan tosin pitää esimerkiksi yhtä 90 asteen käännöstä parempana ratkaisuna kuin kahta peräkkäistä 45 asteen käännöstä minimietäisyydellä toisistaan.
- S-kaarteiden (vastakaarteiden väli $< 3 \times L$) välttäminen.
- Käännösten sijoittaminen täyssyville väljille vesialueille. Käännökset tulee sekä turvallisuuden kannalta että ruoppausten minimoimiseksi pyrkiä sijoittamaan täyssyvälle vesialueelle, koska aluksen tilantarve kaarteessa on suurempi kuin suoralla väyläosalla. Käännöksen sijoittamisessa tulisi pyrkiä myös siihen, että jyrkkä käännös ei päättyisi välittömästi ahtaaseen kapeikkoon, jotta aluksella olisi aikaa käännöksen jälkeisen sijainnin tarkistamiseen ja mahdolliseen kurssin korjaamiseen ennen kapeikkoon tuloa. Alus myös kääntyy syvässä vedessä helpommin (pienemmällä kaarresäteellä) kuin matalassa vedessä.
- Väyläkapeikkoihin ja muihin kriittisiin kohtiin (mm. väylien ja siltojen ristteämät) pyritään suunnittelemaan suora väyläosuus.
- Kapeikoissa voimakkaasti toispuoleisten reunamatalien välttäminen toispuoleisten, alusta kääntävien reunavaikutusten (bank effect) välttämiseksi.
- Käännösten välttäminen lähellä satamaa (käännöksessä pystyttävä pitämään ohjailtavuuden kannalta riittävää nopeutta, minkä jälkeen vauhdin hidastamiseen ja aluksen pysäyttämiseen jätävä riittävän pitkä suora osuus ennen laitureita).
- Ruoppausten sekä kalliiden rakentamis- ja ylläpitokustannusten välttäminen.
- Väylän merkintämahdollisuudet (varsinkin linjamerkkien perustamismahdollisuudet).
- Vesialueen muut käyttömuodot ja ympäristövaikutukset (mm. alusliikenteen haittojen minimointi).
- Toimivuudeltaan hyvän luotsipaikan saaminen väylän ulkopäähän (suojaisuus, riittävä väljyys, saavutettavuus, mahdollisuuksien mukaan).
- Yksikaistaiseksi suunnitellun väylän varrella tulisi olla riittävästi levennyksiä alusten kohtaamis- ja ohitustilanteita varten.

Suomen matalat ja karikkoiset vesialueet sekä usein korkeiksi kohoavat ruoppauskustannukset aiheuttavat lähes poikkeuksetta sen, että väylän linjauksen ideaaliratkaisua ei ole mahdollista toteuttaa, vaan linjauksen suhteen on tehtävä kompromisseja.

Useissa hankkeissa kyse on olemassa olevan väylän syventämisestä ja parantamisesta, jolloin mahdollisuudet uudelle linjaukselle ovat lähtökohtaisesti rajallisemmat. Kaikki mahdollisuudet kannattaa kuitenkin aina kartoittaa tilanteen ja tarpeen mukaan. Myös kokonaan uuden linjauksen hakeminen olemassa olevalle väylälle saattaa joskus olla perusteltua ja mahdollista.

Väylien risteysiä tulisi mahdollisuuksien mukaan pyrkiä välttämään. Mikäli risteys on kuitenkin välttämätön, tulee molemmilta väyliltä olla hyvä näkyvyys risteävän väylän suuntaan. Risteysalueella tulee lisäksi olla runsaasti täyssyvää vesialuetta, koska alus, jossa ei ole keulapotkuria tai muuta kurssin säilyttämiseen tarvittavaa laitetta, ajautuu koneilla jarrutettaessa helposti pois väylältä. Aluksen nopeuden huomattava pienentäminen, mihin risteysalueella on aina varauduttava, merkitsee jo sinänsä ohjailuominaisuuksien huononemista ja edellyttää väylän leventämistä risteyskohdassa.



Kuva 4.1 Linjauksen karkea luokittelu:

A) Ideaaliratkaisu

B) Hyvä, jos $A > 20 L$ ja suunnanmuutos $\phi < 30$ astetta, sallittu, jos $L \geq 5 L$

C) Sallittu vain perustelluista syistä

Väylän nimellinen kulkusuunta

Väylän linjauksen suunnittelun yhteydessä väylälle määritetään sen nimellinen kulkusuunta. Kulkusuunnan määrittäminen on erityisen tärkeää lateraalisesti merkityille väylille, mutta periaatteessa kaikilla väylillä tulee olla määritettynä tietty nimellinen kulkusuunta.

Nimellisen kulkusuunnan määräytymiskriteerit:

- satamien tuloväylillä satamaan päin
- latvavesillä avovesiltä rantoihin päin
- rannikon suuntaisilla väylillä lännestä itään (Suomenlahdella) sekä etelästä pohjoiseen (Pohjanlahdella), tarkastelupisteenä Utö

Väyläsuunnitelma (mm. linjojen numerointi), samoin väylän tiedot rekistereissä ja loistokirjassa esitetään nimellisen kulkusuunnan mukaisessa järjestyksessä.

Väylän alkukohdan määräytyminen

Ulkomereltä alkavilla väylillä voidaan käyttää seuraavia kriteereitä sen määrittämiseksi, mihin saakka väylän tulee ulkomerelle päin vähintään ulottua:

- 1–2 mpk väylän ulommista turvalaitteista ulospäin
- luotsipaikalle
- väylän läheisyydessä olevien matalien ohi (matalat voivat olla sen verran kaukana väylästä, ettei niitä ole välttämättä merkitty turvalaittein)
- vesisyvyys, joka on vähintään 2 x kulkusyvyys (syvyys-suhteiltaan selväpiirteisillä ja selvästi syvenevillä rannikkoalueilla).

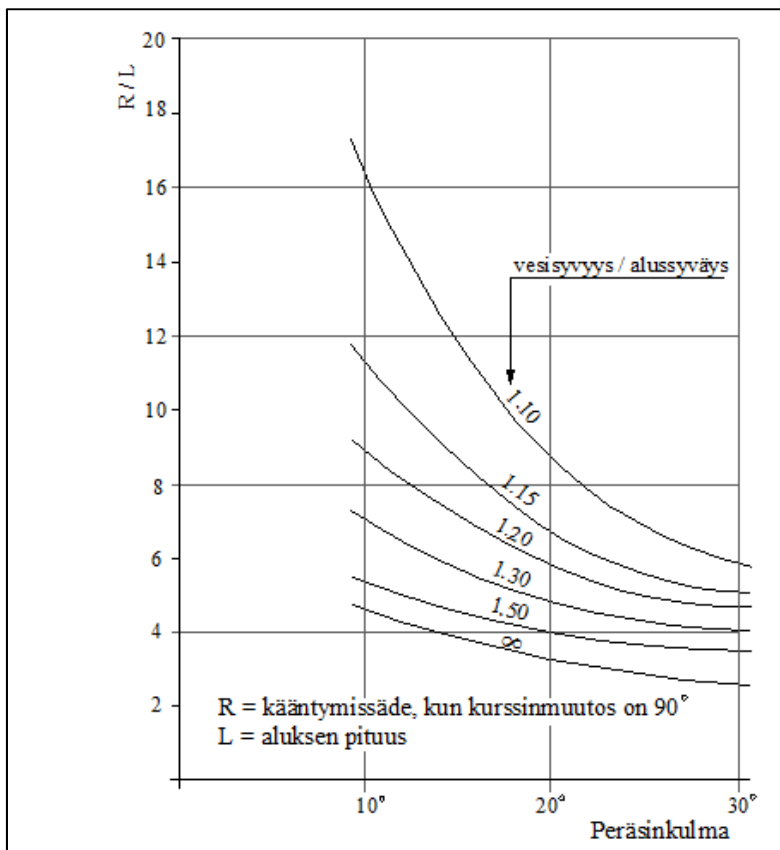
4.2.2. Kaarteet

Kaarteessa aluksen paikka voidaan tarkistaa optisesti vain reunamerkinän perusteella ja arvio siitä, pysyykö alus myös jatkossa väylällä, on tehtävä paljon heikommin perustein kuin suoralla linjalla navigoitaessa. Riskit kaarrenavigoinnissa johtuvat paljolti siitä, että käännöksen aikana on vaikea todeta aluksen siirtymistä väylän poikkisuunnassa. Tämä voi johtaa siihen, että alus on kaarteiden loppuun mennessä huomaamatta siirtynyt ulos väylältä.

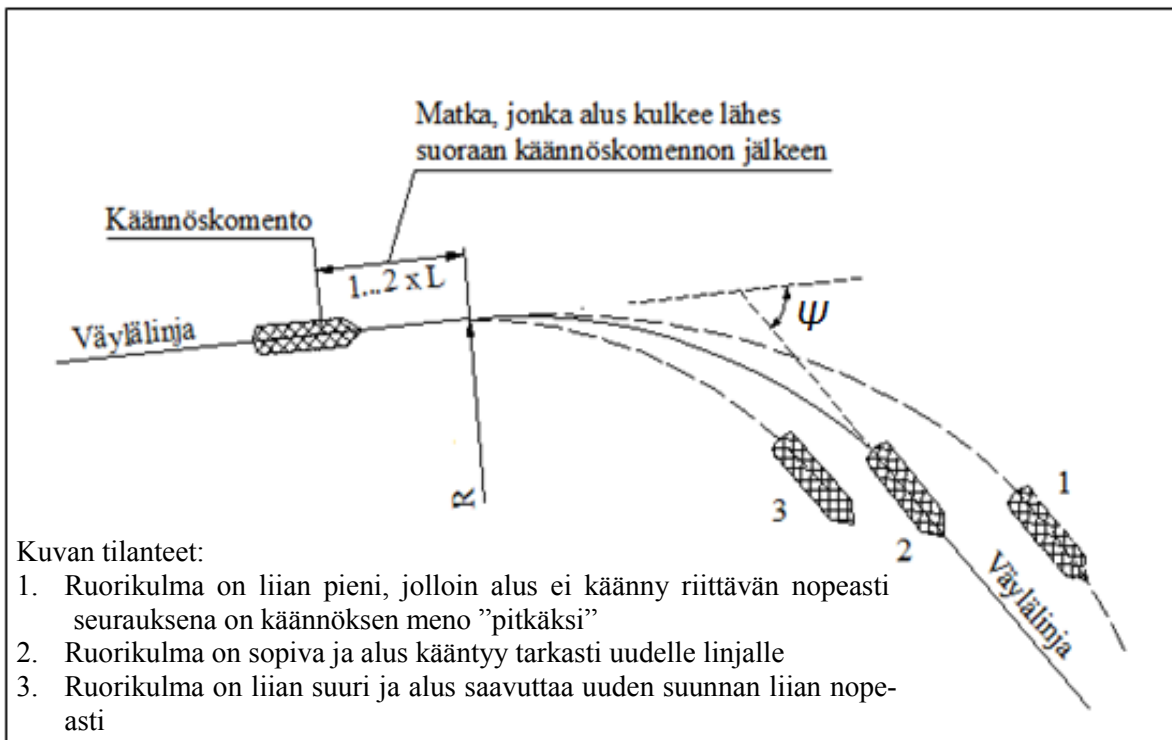
Suuria kääntymiskulmia tulisi välttää, sillä riski käännöksen epäonnistumiseen on sitä suurempi, mitä jyrkempi ja pidempi käännös on.

Suunnittelun kaarresäteen tulisi vastata 15–20 asteen peräsinkulman arvoa ideaaliolosuhteissa, jotta käytännössä jää riittävä pelivara vaikeampia olosuhteita ja muissa poikkeuksellisissa tilanteissa tarvittavia korjaavia ohjailutoimenpiteitä varten.

Aluksen kääntymiseen vaikuttavia tekijöitä ovat käytetyn ruorikulman lisäksi aluksen rungon muoto (alustyyppi) sekä vesisyvyys. Matalassa vedessä (pieni varavesi) aluksen kääntyminen merkittävästi hidastuu ja kaarresäde kasvaa (kuva 4.2). Myös tuuliolosuhteet vaikuttavat aluksen kääntymiseen.



Kuva 4.2 Konttialuksen kääntymissäteen riippuvuus peräsinkulmasta ja vesisyvyydestä /2/.



Kuva 4.3 Aluksen liikerata kaarteessa.

Aluksen liikerata kaarteissa on esitetty pelkistettynä kuvassa 4.3. Ruorikomennon jälkeen alus kulkee tietyn matkan ($n \cdot 1-2 \times L$) ennen kuin kääntyminen alkaa. Kääntymisen jatkuessa (ja ruorikulman pysyessä vakiona) kääntymisnopeus ja kaarresäde vakioituu L . liikerataa voidaan approksimoida ympyrän kaarella.

Ohjeellisina kaarresäteen mitoitusarvoina voidaan laivaväylillä käyttää:

- kaarresäde $5 \times$ aluspituus, kun suunnanmuutos yli 30 astetta
- kaarresäde $5 \dots 10 \times$ aluspituus, kun suunnanmuutos $30 \dots 1$ astetta

Ylisuuren kaarresäteen käyttö ei paranna väylän navigoitavuutta, sillä kaarteiden pidentyessä aluksen on vaikeampi seurata kaarteiden mukaista ajolinjaa ja riski poiketa suunnitellulta kaarrelinjalta kasvaa.

Taulukossa 2 on esitetty erityyppisten alusten kaarresäteitä tilanteessa, jossa kääntymiskulma on 90 astetta ja vesisyvyys $h/T = 1,2$.

Taulukko 2. Havaittuja kaarresäteen arvoja eri alustyypeillä /1/.

ALUSTYYPPI	KAARRESÄDE
kappaletavara-alus	5L
pieni kappaletavara-alus	6L
konttialus (panamax)	6L
bulkalus (Panamax)	6L
pieni bulkalus	5L
tankkialus	5L
LNG-alus	4L
matkustaja-alus	4L
lautta-alus	5L

Tarkentavassa mitoituksessa väylän linjausta ja kaarteita voidaan tarpeen mukaan täsmentää. Esille voi nousta mm. seuraavia mahdollisia tarkennustarpeita:

- linjauksen tarkentaminen simulaattorikokeissa saatavien tulosten perusteella
- kaarresäteen tarkistaminen ottaen tarkemmin huomioon mitoitusaluksen kääntymisominaisuudet ja kaarrealueiden vesisyvyys
- linjauksen tarkentaminen ympäristöselvitysten ja vesilupaprosessissa esille tulleiden tarkistustarpeiden perusteella
- linjauksen hienosäätö tarkempien pohjatutkimusten perusteella ruoppauskustannusten minimoimiseksi (voidaan tehdä myös rakennussuunnitteluvaiheessa)
- linjauksen hienosäätö linjamerkkipaikkatutkimusten perusteella valittujen sopivien linjamerkkipaikkojen perusteella (voidaan tehdä myös rakennussuunnitteluvaiheessa)

4.3 Väylän leveys

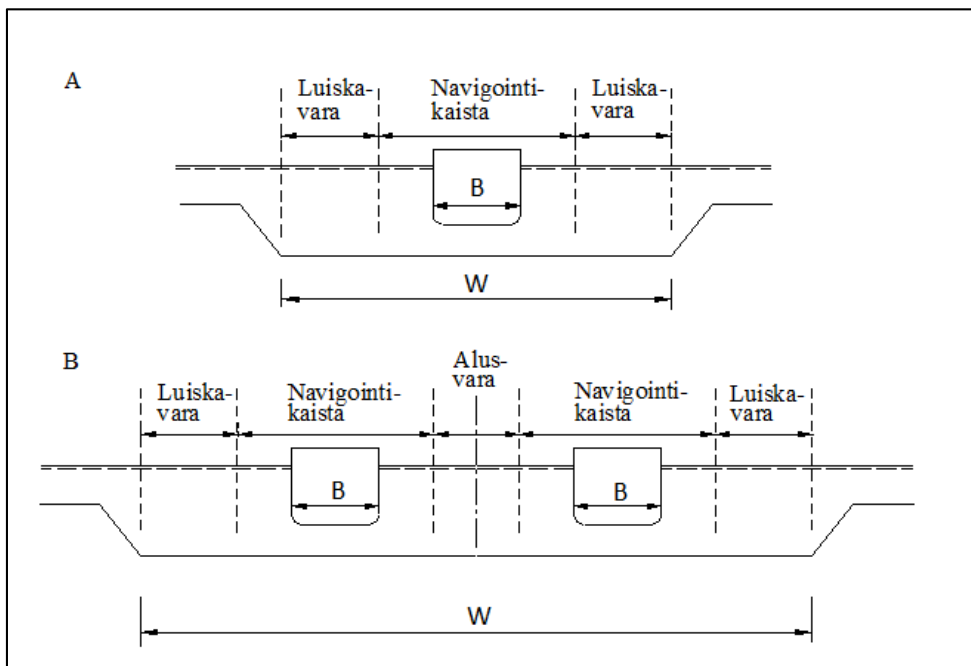
4.3.1 Yleistä

Väylän leveydelle ei ole mahdollista eikä myöskään tarkoituksenmukaista antaa ehdottomia raja-arvoja, koska aluksen tilantarve riippuu erittäin monista tekijöistä, joita ei pystytä tarkasti selvittämään. Tarkimmin väyläleveys voidaan määrittää selvittämällä leveyteen vaikuttavat osatekijät erikseen.

Suomessa on pienistä alustiheyksistä johtuen väylän leveyden määrittämisessä lähtökohtana ensisijaisesti yksikaistaisen väylän mitoitusleveys (varsinkin kaikki ruopattavat väyläosuudet). Väyläaluetta levennetään väljillä vesialueilla tarpeen mukaan aina lähimpiin reunamataliin saakka, jolloin väyläleveys käytännössä vastaa osalla väylää myös kaksikaistaisen väylän levestarvetta. Mitoituksen yhteydessä on sen vuoksi hyvä määrittää myös kaksikaistaisen väylän mitoitusleveys, ja siltä pohjalta edelleen määrittää, millä osuuksilla väyläleveys on riittävä myös kaksikaistaista väylää (alusten kohtaamista) silmällä pitäen.

Väylän poikkileikkaus voidaan mitoitusarkastelussa jakaa seuraaviin kaistoihin (kuva 4.4)

- Navigointikaista, joka on aluksen käyttämä poikkileikkauksen osa. Navigointikaistan leveys koostuu navigointikaistan perusleveydestä ja olosuhdetekijöistä.
- Luiskavara (reunavara), joka on aluksen ja luiskan tai aluksen ja reunamatalan väliin jätettävä varmuusetaisyys.
- Alusvara, joka on alusten väliin kohtaamis- tai ohitustilanteessa jätettävä minimietäisyys (2-kaistaiset väylät).



Kuva 4.4 Väylän poikkileikkaus: yksikaistainen väylä (A) ja kaksikaistainen väylä (B).

4.3.2 Väylän leveyden mitoituksessa huomioon otavat osatekijät

Navigointikaista

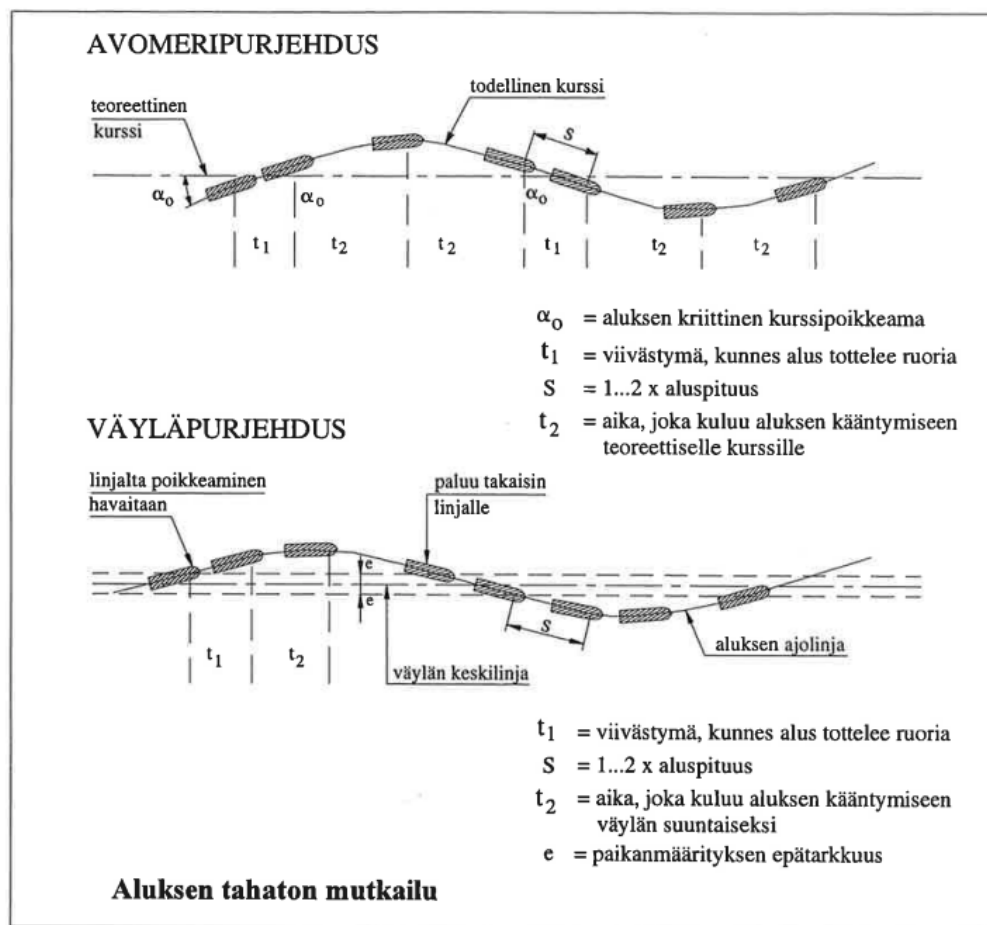
- Aluksen koko**

Lähtökohtana väylän leveyden määrittämisessä on väylää käyttävän mitoitusaluksen leveys. Väylän leveys ja siihen vaikuttavat osatekijät ilmaistaan yleisesti mitoitusaluksen leveyden kerrannaisina.

- Aluksen navigointiominaisuudet** (aluksen ohjailtavuus)

Aluksen todellinen liikerata vaihtelee tahattomasti tavoitellun ajosuoran molemmin puolin. Tarvittavat korjaukset ajolinjaan tehdään avomerinavigoinnissa kurssi-poikkeaman perusteella (ruorimies tai autopilotti) ja väylänavigoinnissa paikanmäärityksen osoittaessa poiketun väylälinjalta (esim. linja ”auki”).

Aluksen tahaton mutkailu riippuu aluksen ohjailtavuudesta (kuinka hyvin alus säilyttää suuntansa, kuinka hyvin alus reagoi ohjaukseen ja millaiset ovat aluksen kääntymisominaisuudet). Tarkalla ohjailulla mutkailua voidaan jossain määrin pienentää (esimerkiksi väyläkapeikossa).



Kuva 4.5 Aluksen tahaton mutkailu.

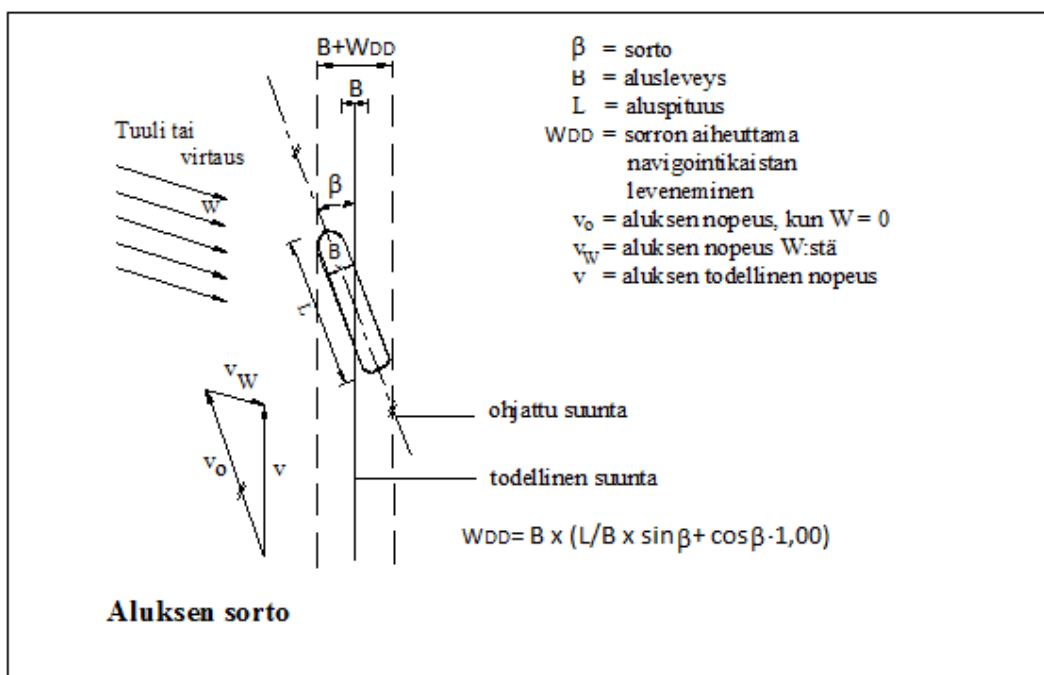
• Olosuhteet

Tuulen, aallokon tai virtauksen vaikutuksesta alus ei liiku kölilinjansa osoittamaan suuntaan, vaan sortuu jonkin verran suojan puolelle. Aluksen pituussuunnan ja todellisen kulkusuunnan välistä kulmaa nimitetään sorroksi.

Tuulen aiheuttamaan sortoon vaikuttaa:

- alusnopeus (alhainen nopeus lisää sortoa)
- aluksen tuulipinta suhteessa vedenalaiseen osaan
- vesisyvyyden suhde aluksen syvyyteen (matalassa vedessä tuuli aiheuttaa vähemmän sortoa)
- tuulen nopeus ja suunta suhteessa alukseen

Tuulesta ja aallokosta aiheutuva sorto jää normaaleilla alusnopeuksilla (yli 12 solmua) pieneksi. Alueilla, joilla väylänopeus on alhainen, tuulen vaikutus voi olla merkittävä (mm. satama-alueet). Aluksen nopeus tulisi aina voida pitää niin suurena, että sortokulma ei ylitä 15 astetta, koska muutoin alus menettää hallittavuutensa. Alukset, joiden tuulipinta-ala on suuri, ovat herkimpiä tuulen vaikutuksille (myös suuremmilla nopeuksilla), kun taas lastatut bulk-alukset ovat tuulen suhteen melko vakaita.



Kuva 4.6 Aluksen sorto.

Virtaukset Suomen rannikkovesillä ovat väylänsuunnittelun kannalta yleensä merkityksellömän pieniä. Merenkurkun alueen virtauksilla, jokisuiden tulvavirtauksilla sekä joidenkin kapeikkojen virtauksilla saaristossa saattaa olla mitoituksen kannalta merkitystä. Kapeikossa virtaukset ovat yleensä myös enemmän aluksen suuntaisia, ja siten helpommin hallittavissa (aluksen itsensä aiheuttamia reunavaikutuksista johtuvia virtauksia ei tässä yhteydessä huomioida). Sisävesillä vuolaat virtapaikat on mallinnettava, mikäli väylä on tarkoitus johtaa tällaisen virtapaikan kautta. Reunamatalista aiheutuvia takaisinvirtauksia ja niiden vaikutusta käsitellään jäljempänä luiskavaraa koskevassa kohdassa. (aluksella eri syistä aiheutuvia virtauksia ei välttämättä pysty erittelemään).

Talviliikenteen huomioimista väylän leveydessä on käsitelty kohdassa 7.5.

- **Paikanmäärityksen tarkkuus/ väylän merkintä**

Paikanmäärityksen tarkkuus riippuu turvalaitteista. Paikanmäärityksen epätarkkuuden katsotaan yleensä lisäävän vastaavalla määrällä navigointikaistan leveyttä. Paikanmäärityksen tarkkuutta arvioidaan fyysiseen väylämerkintään perustuvan optisen navigoinnin ja tutkanavigoinnin näkökulmasta. Satelliittipaikannuksen tarkkuutta ja käyttömahdollisuutta tai liikenteenohjauksen vaikutusta ei tässä yhteydessä huomioida.

- **Pohjan epätasaisuus**

Vesisyvyys vaihtelee yleensä luonnonväylillä, mikä aiheuttaa häiriöitä aluksen ohjautumiseen ja voi lisätä aluksen mutkailua. Pohjan epätasaisuuden takia levennetään navigointikaistaa vain, jos vesisyvyys on pienempi kuin 1,5 x aluksen syväys.

- **Pieni varavesi**

Pieni varavesi voi lisätä aluksen mutkailua varsinkin, jos takaisinvirtausnopeus on suurehko.

- **Luiskavara**

Aluksen kulkiessa sen syrjäyttämän vesitilan täyttyminen aluksen perässä synnyttää ympäröivässä vedessä takaisinvirtauksen, mikä on sitä voimakkaampaa, mitä ahtaammasta poikkileikkauksesta on kysymys, ja mitä suurempi on alusnopeus. Voimakkaimmillaan ilmiö on kapeassa kaivannossa, jossa luiskat ovat jyrkät ja korkeat. Poikkileikkauksen epäsymmetrisyys aiheuttaa sen, että takaisinvirtaus on toispuoleista, mikä aiheuttaa aluksen kulkua kääntävän momentin (aluksen perä pyrkii kääntymään luiskan suuntaan). Ilmiöstä käytetään nimitystä reunavaikutus (bank effect).

Väylän leveyteen lisättävän luiskavaran tarkoitus on kompensoida reunavaikutuksesta johtuvasta aluksen ylimääräisestä mutkailusta aiheutuvaa lisäleveystarvetta sekä toisaalta pienentää reunavaikutusta vesipoikkileikkausalaa väljentämällä/suurentamalla.

Kapeiden väyläpoikkileikkausten tulisi olla mahdollisuuksin mukaan mahdollisimman symmetrisiä, koska voimakkaasti toispuoleisista reunamatalista ja luiskista aiheutuu toispuoleisia, alusta kääntäviä reunavaikutuksia, mikä lisää aluksen ohjailuvaikeuksia kapeikossa.

Ohjeellisia arvoja luiskavaran suuruuden määrittämiselle eri poikkileikkaustyypeissä ja alusnopeuksilla on esitetty taulukossa 3.

Luiskavara määritetään molemmille puolille väylää erikseen. Jos luiska on vain toisella puolen väylää, sen aiheuttama lisä väyläleveyteen huomioidaan kokonaisuudessaan luiskan puoleisella puolileveydellä.

Taulukko 3. Luiskavaran suuruus /1/

Luiskatyyppi	Alusnopeus	Luiskavaran suuruus w_l
Loiva ja matala vedenalainen luiska (1:10 tai loivempi)	suuri	0,2 B
	kohtalainen	0,1 B
	alhainen	0,0 B
Korkeahko reunaluiska tai matalikon reuna	suuri	0,7 B
	kohtalainen	0,5 B
	alhainen	0,3 B
jyrkkä ja kova pengeri tai rakenne	suuri	1,3 B
	kohtalainen	1,0 B
	alhainen	0,5 B

- Alusvara**

Kaksikaistaisella väylällä on alusvaran (kuva 9) suuruudelle annettu PIANCin ohjeissa taulukon 4 mukaiset ohjearvot. Lisäksi on huomioitava, että aluksen ohittaminen vaatii enemmän tilaa kuin alusten sivuuttaminen/kohtaaminen (otettava tarkentavassa mitoituksessa tarvittaessa huomioon), ja jos (mitoitus)alusten kohtaamisia tapahtuu väylällä runsaasti (yli 3 kertaa/vrk), suurennetaan alusvaraa puoli alusleveyttä (0,5 B).

Kaksikaistaisen väylän suunnittelussa voidaan lähteä siitä, että alusnopeutta rajoitetaan kohtaamistilanteessa, jos väylän mitat sitä edellyttävät. Lisäksi vaikeissa olosuhteissa kohtaamistilanteet sovitaan riittävän väljille väyläalueille.

Täydellä nopeudella ajavien autolauttojen on todettu kohtaavan noin 3 b alusvaralla.

Taulukko 4. Alusvaran suuruus kaksikaistaisella väylällä /1/

Alusnopeus v_s (solmua)	Alusvaran suuruus w_{av}	
	wäylän ulko-osa	wäylän sisäosa
suuri $v_s > 12$	2,0 B	1,8 B
kohtalainen $8 < v_s < 12$	1,6 B	1,4 B
hidas $5 < v_s < 8$	1,2 B	1,0 B

4.3.3 Suoran väylän leveys

Väylän leveys määritetään summaamalla yhteen edellisessä kohdassa kuvatut, väylän leveyteen vaikuttavat osatekijät kaavalla:

$$W = w_{nav} + 2 w_l$$

$$W = 2 w_{nav} + 2 w_l + w_{av}$$

Yksikaistainen väylä

Kaksikaistainen väylä

W = väylän leveys

w_l = luiskavara

w_{av} = alusvara

$$W_{nav} = B + W_m + W_n + W_t + W_{v1} + W_{v2} + W_a + W_e + W_p + W_s$$

W_{nav} = navigointikaistan leveys

B = mitoitusaluksen leveys

W_m = aluksen ohjailtavuuden vaikutus

W_n = aluksen nopeuden vaikutus

W_t = sivutuulen vaikutus

W_{v1} = sivuvirtauksen vaikutus

W_{v2} = myötä-/vastavirtauksen vaikutus

W_a = aallokon vaikutus

W_e = paikanmäärityksen epätarkkuuden vaikutus

W_p = pohjan epätasaisuuden vaikutus

W_s = varaveden määrän vaikutus

Taulukossa 5 on esitetty eri mitoitustekijöiden suositusarvot. Suositusarvot ovat yhdenmukaisia PIANCin mitoitussuosituksien kanssa. Liitteessä 3 on esitetty suositusten mukaisia mitoitusesimerkkejä.

Väyläleveyden tulee täyttää myös ns. puolileveysvaatimus, eli etäisyyden väylälinjasta väylän reunaan tulee olla kaikissa kohdin vähintään puolet mitoitusleveydestä. Luiskavara huomioidaan kokonaan sillä puolella väylää, jolla määräytysperusteena ollut luiska sijaitsee.

Muiden riskitekijöiden ja kustannusvaikutusten huomiointi väylän leveyden mitoituksessa:

- Lastin vaarallisuutta ei yleensä erikseen huomioida väylän leveyden perusmitoituksessa, koska se on ajateltu otettavaksi huomioon muulla tavoin (mm. olosuhderajoitukset, hinaaja-avustus, liikenteen ohjaus). Kuitenkin myös väyläleveyttä voi olla tämän johdosta tarpeen harkinnan mukaan lisätä.
- Väylän rakentamiskustannuksilla ei mitoitusteknisesti tarkasteltuna ole vaikutusta väylän leveyteen. Käytännön toteutuksessa kustannuksilla on kuitenkin oma vaikutuksensa. Väylän rakentamiskustannusten noustessa suuriksi väylän leveys pyritään yleensä minimoimaan. Tällöin tulevat harkittaviksi mahdollisuudet ja keinot suunnitella väylä paikallisesti mahdollisimman kapeana (paikanmäärityksen tehostaminen, liikennerajoitukset epäedullisissa olosuhteissa jne.)

Em. tekijöiden huomiointi ja vaikutus mitoitukseen tulee esille nimenomaan tarkentavan mitoituksen (detailed design) yhteydessä.

Taulukko 5. Navigointikaistan leveyteen vaikuttavat osatekijät ja niiden ohjearvot (10/2016).

		Aluksen nopeus	Avoin vesialue	Suojainen vesialue
Aluksen ohjailtavuus (w_m)	hyvä keskinkertainen huono		0,3 B 0,5 B 0,8 B	0,3 B 0,5 B 0,8 B
Aluksen nopeus (w_n)	suuri yli 12 solmua keskimääräinen 8 - 12 solmua pieni 5 - 8 solmua		0,1 B 0,0 0,0	0,1 B 0,0 0,0
Sivutuuli (w_t)	heikko alle 8 m/s	suuri keskim pieni	0,1 B 0,2 B 0,3 B	0,1 B 0,2 B 0,3 B
	kohtalainen 8 - 17 m/s	suuri keskim pieni	0,3 B 0,4 B 0,6 B	0,3 B 0,4 B 0,6 B
	kova yli 17 m/s	suuri keskim pieni	0,5 B 0,7 B 1,1 B	0,5 B 0,7 B 1,1 B
Sivuvirtaus (w_{v1})	ei virtausta alle 0,1 m/s		0,0	0,0
	heikko 0,1 - 0,3 m/s	suuri keskim pieni	0,2 B 0,25 B 0,3 B	0,1 B 0,2 B 0,3 B
	kohtalainen 0,3 - 0,7 m/s	suuri keskim pieni	0,5 B 0,7 B 1,0 B	0,4 B 0,6 B 0,8 B
	voimakas 0,7 - 1,0 m/s	suuri keskim pieni	1,0 B 1,2 B 1,6 B	- - -
Myötä-/vastavirtaus (w_{v2})	pieni alle 0,7 m/s		0,0	0,0
	kohtalainen 0,7 - 1,5 m/s	suuri keskim pieni	0,0 0,1 B 0,2 B	0,0 0,1 B 0,2 B
	voimakas yli 1,5 m/s	suuri keskim pieni	0,1 B 0,2 B 0,4 B	0,1 B 0,2 B 0,4 B
Aallokko (w_a), merkitsevä aallonkorkeus H_s	alle 1 m 1 - 3 m yli 3 m		0,0 noin 0,5 B noin 1,0 B	0,0 - -
Paikanmäärittelyn tarkkuus/ väylän merkintä (w_e)	erinomainen väylämerkintä + liikenteen ohjaus hyvä väylämerkintä keskinkertainen väylämerkintä		0,0 0,2 B 0,4 B	0,0 0,2 B 0,4 B
Pohjan epätasaisuus (w_p)	vesisyyvyys suurempi kuin 1,5 T		0	0
	pienempi kuin 1,5 T -sileä ja pehmeä -sileä tai viettävä ja kova -epätasainen ja kova		0,1 B 0,1 B 0,2 B	0,1 B 0,1 B 0,2 B
Pieni varavesi (w_s)	vesisyyvyys > 1,5 T 1,5 T - 1,25 T (1,15 T suojainen) < 1,25 T (1,15 T suojainen)		0,0 0,1 B 0,2 B	0,0 0,2 B 0,4 B
Lastin vaarallisuus (katso teksti edeltävällä sivulla!)			0	0

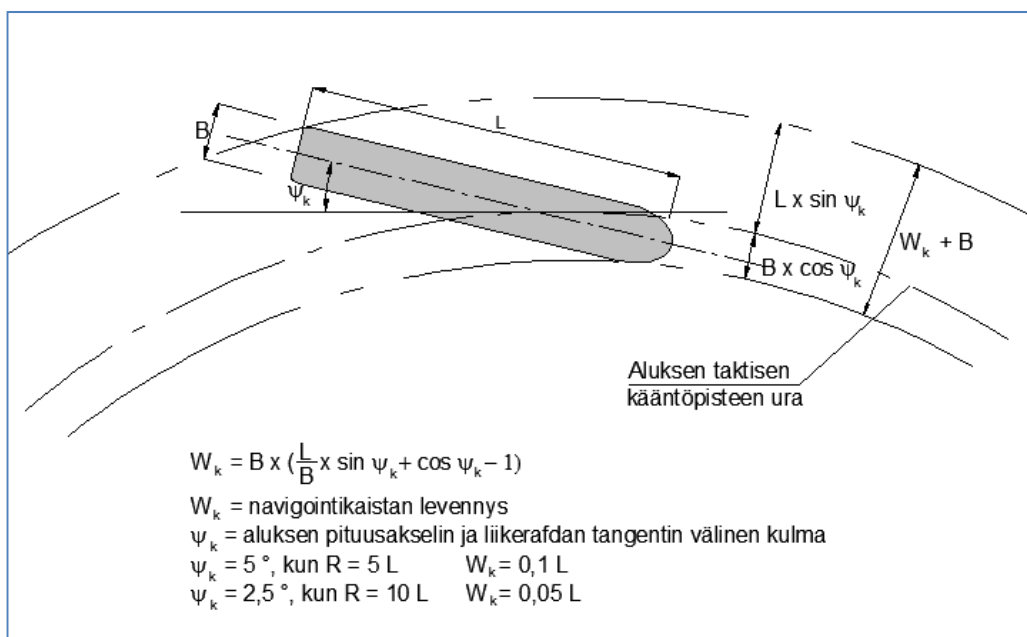
4.3.4 Väylän leveys kaarteessa

Navigointikaistan leventämistarve kaarteessa on varsin pieni, jos käänнос aloitetaan oikeassa kohdassa ja peräsinkulma on sopiva. Aluksen paikan tarkistaminen käänноksen kestäessä on usein kuitenkin vaikeaa ja käänноksen onnistuminen on todettavissa vasta käänноksen lopussa.

Käänноksen aloituskohta vaihtelee väylän poikkisuunnassa navigointikaistan leveyden verran ja väylän pituussuunnassa epämääräisen mitan riippuen siitä, miten käänноksen aloituskohta onnistutaan linjan pituussuunnassa määääämään esimerkiksi väylän sivulla olevien kohteiden perusteella. Mikäli tilantarve kaarteessa pyritään ruoppausten välttämiseksi saamaan mahdollisimman pieneksi, on aluksen paikanmäääritys kaarteiden aloituskohdassa ja kaarroksen aikana pyrittävä saamaan mahdollisimman tarkaksi väylälinjaan nähden:

- Kaarteiden aloituspiste on osoitettava (esim. reunamerkintä, poikkilinja) tai mahdollistettava etäisyyden määärittäminen väylälinjan jatkeelta tutkan avulla (tutkan mittaustarkkuus n. 20 ... 30 m)
- Jyrkissä kaarteissa väylän kulku on osoitettava reunamerkinnällä, jos täysäsyvä väyläalue on kapea
- Väylän paikka kaarteiden lopussa on osoitettava tarkasti (reunamerkintä), jos alava väylälinja on kapea

Kun aluksen paikka väylän suhteen on tarkistettavissa käänноksen aikana, voidaan tarvittava navigointikaistan levennys määärätä kuvassa 4.7 esitetyllä kaavalla. Näin laskettu levennyksen arvo on teoreettinen minimi, jota olosuhteiden mukaan pyritään aina suurentamaan.



Kuva 4.7 Aluksen sorto kaarteissa.

Kaarrelevennyksen sijoittamisesta sekä ulko- että sisäkaarteeseen on olemassa vaihtoehtoisia ratkaisuja. Parhaana ratkaisuna voidaan pitää levennyksen sijoittamista kokonaan sisäkaarteeseen puolelle, koska tällöin aluksen ajolinja saadaan kaarteessa loivemmaksi ja riski käännöksen menemisestä pitkäksi pienenee.

Kaarteiden suunnittelussa tulee lisäksi ottaa huomioon mm. seuraavaa:

- aluksen kääntymissäde kasvaa varaveden pienentyessä.
- alukset ovat kääntymisominaisuuksiltaan yksilöllisiä
- aluksen tuulipinta-ala ja tuuli vaikuttavat kääntymiseen
- jääolosuhteet voivat vaikeuttaa aluksen kääntymistä

Kaksikaistaisen väylän leveys kaarteessa voidaan teoreettisesti määrittää samoja periaatteita noudattaen. On kuitenkin epätodennäköistä, että kaksi maksimikokoista alusta kohtaasi kaarteessa, sillä kohtaamiseen liittyy aina vaaratekijöitä, jotka moninkertaistuvat kaarrekohtaamisessa. Siten kaarteeseen leventäminen ruoppaamalla maksimikokoisten alusten kohtaamista varten ei ole mielekäästä.

4.3.5 Väylän ulkoalueet ja selkävesialueet

Mitoituskriteerien mukaisia väyläleveyden arvoja sovelletaan tyypillisesti kapeikoissa ja ruoppausalueilla (yksikaistainen väylä). Väljemmillä alueilla väyläaluetta pyritään useimmiten laajentamaan lähimpiin mataliin saakka, jolloin väyläleveys suurella osalla väylää on enemmän tai vähemmän mitoitusleveyttä suurempi ja on osalla väylää riittävä myös kaksikaistaiselle väylälle.

Väyläleveyden maksimi-arvot tulevat sovellettaviksi silloin, kun matalikot, vesialueen muu käyttö tai muut syyt eivät rajoita väyläleveyttä. Käytännössä maksimileveydet tulevat kyseeseen lähinnä syvillä selkävesialueilla sekä rannikon tuloväylien ulkopäässä.

Väyläalueen määrittelyssä on väyläleveyden maksimi-arvoille annettu laivaväylien osalta seuraavat suositukset (Väyläalueen ja väylätilan määrittely, MKL:n yleisohje 1995):

- yksikaistainen väylä 10 ... 20 x alusleveys
- kaksikaistainen väylä 20 ... 50 x alusleveys
- avomerellä väylän uloimmalla osalla 0,5 ... 3,0 km

Avomeren tulokäytävän tarvittavaan leveyteen vaikuttaa mm. alueelle ominaiset jääolosuhteet. Tulokäytävä on yleensä muodoltaan suppilomainen ja kapenee lähestyttäessä uloimpia saaria ja matalia.

4.4 Väylän syvyys

4.4.1 Väylän syvyyden määrittämisessä huomioon otavat tekijät

Suomessa väylän syvyys ilmoitetaan kulkusyvyys. Väylän kulkusyvyys ilmoittaa aluksen suurimman syvyyden, jolla väylää on suunniteltu käytettäväksi. Aluksen kullussa tapahtuvat vertikaaliliikkeet sekä kölivara sisällytetään kokonaisvaraveteen.

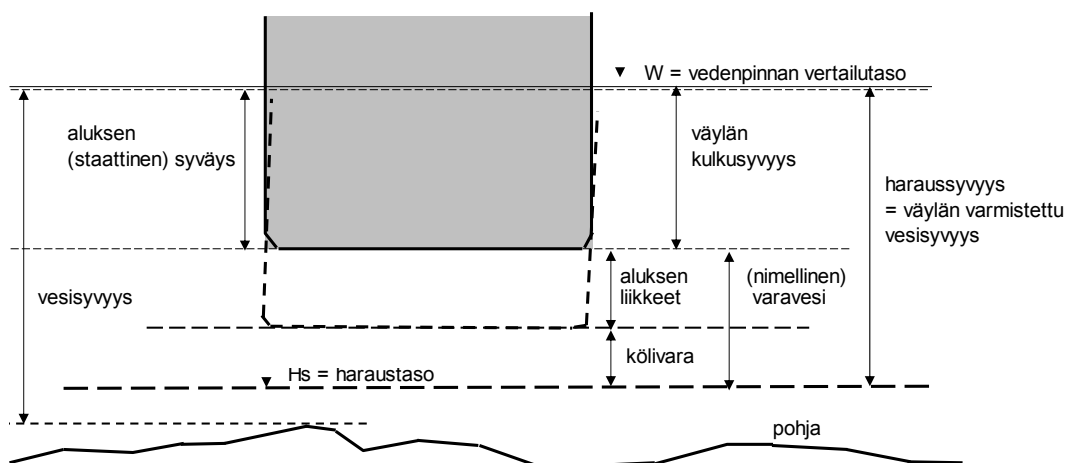
Kulkusyvyyden ja varaveden summasta muodostuu väylän harausvyvyys i. varmistettu vesisyvyys (vesisyvyys, johon saakka väylällä on varmistettu olevan vapaata vettä).

Väylän tarpeellinen vesisyvyys muodostuu seuraavista tekijöistä (kuva 4.8):

- Mitoituksessa käytettävä vedenkorkeustaso
- Aluksen syväys (aluksen paikoillaan ollessa i. staattinen syväys)
- Aluksen nopeudesta aiheutuva painuma (nopeuspainuma eli squat)
- Aallokon aiheuttamat aluksen heilahtelut
- Aluksen mahdollinen kallistuminen kaarteissa (määritetään tapauskohtaisesti)
- Tarpeellinen kölivara

Veden suolapitoisuuden vaikutus aluksen syvyyteen on otettava tarvittaessa huomioon.

Mahdollinen liettymä- ja/tai maannousuvara otetaan suunnittelussa tarvittaessa erikseen huomioon ylimääräisenä lisänä väylän vesisyvyyteen, mutta se ei varsinaisesti sisälly varaveden mitoittamiseen.



Kuva 4.8 Väylän syvyyskäsitteet /10/.

4.4.2 Vedenkorkeustaso

Väylän syvyyden mitoittaminen tehdään lähtökohtaisesti ko. suunnitteluhankkeessa käytetystä vedenkorkeuden vertailutasosta, jona on merialueilla käytetty tietyn vuoden keskiveden tasoa (MW-tasoa), ja sisävesillä purjehduskauden aliveden tasoa (NW_{nav}).

4.4.3 Aluksen nopeuspainuma (squat)

Aluksen liike synnyttää vastakkaissuuntaisen virtauksen aluksen ympärille. Virtausnopeudesta aiheutuu puolestaan vedenpinnan lasku. Aluksen nopeuspainuma aiheutuu ensisijaisesti vedenpinnan painumasta, mutta lisäksi siihen vaikuttavat aluksen pitkittäiskaltevuus sekä potkurivirtauksen aiheuttamat muutokset virtausnopeuksissa ja -paineissa perän alueella.

Alusten squatin suuruuteen vaikuttaa ennen muuta alusnopeus ja vesisyvyys sekä vesipoikkileikkausalan väljyys. Squat suurenee alusnopeuden kasvaessa sekä väylän vesipoikkileikkausalan ja vesisyvyyden pienetessä. Vesisyvyyden ollessa yli 1,5 T, squatilla ei väylämitoituksen kannalta ole enää oleellista merkitystä.

Aluksen squat-käyttäytyminen vaihtelee riippuen aluksen tyypistä ja rungon muodosta. Rungoltaan laatikkomaisilla (täyteläisillä) aluksilla nopeuspainuma on suurempi kuin sulavalinjaisemmilla (hoikkarunkoisilla) aluksilla. Täyteläisillä aluksilla squat on suurimmillaan keulassa, kun taas hoikkarunkoisilla aluksilla perä painuu syvimmälle. Squatilla tarkoitetaan painuman suurinta arvoa, joka aluksesta riippuen voi siis esiintyä joko perässä tai keulassa. Aluksen pituussuuntaista kallistumaa kutsutaan trimmiksi (kallistuskulmaa trimmikulmaksi).

Aluksen kulkuvastus kasvaa nopeuden kasvaessa. Varsinkin matalassa vedessä ilmiö on voimakas, mistä syystä aluksen konetehto ei matalassa vedessä yleensä riitä kasvattamaan alusnopeutta niin suureksi, että alus saisi väylällä pohjakosketuksen nopeuspainuman johdosta.

Ilmiötä kuvaa Frouden luku F_{nh} , joka määritetään kaavalla: $F_{nh} = v / \sqrt{g * h}$

- v = alusnopeus
- h = vesisyvyys
- g = 9,81 m/s²

Yleensä kauppa-alusten konetehto ei riitä ylläpitämään sellaista nopeutta, että Frouden luku olisi enemmän kuin 0,6–0,7, alustyyppistä riippuen (tätä vastaavia rajanopeuden arvoja eri vesisyvyyksillä esitetty taulukossa 6). Käytännössä kuitenkin suuret Frouden luvun arvot ($F_{nh} = 0,7 \dots 1,0$) ovat mahdollisia silloin, kun alus tulee täydellä vauhdilla syvästä vedestä kynnysmäisen matalikon päälle, jolloin matala vesisyvyys ei ehdi hidastaa aluksen nopeutta, ja squat kasvaa nopeasti suureksi ja voi aiheuttaa pohjakosketusvaaran (Mallikokeiden mukaan vedenalaisen harjanteen tyyppinen matala, jonka pituus väylän suunnassa on 0,3 x aluspituus, aiheuttaa jo likipitään täyden painuman).

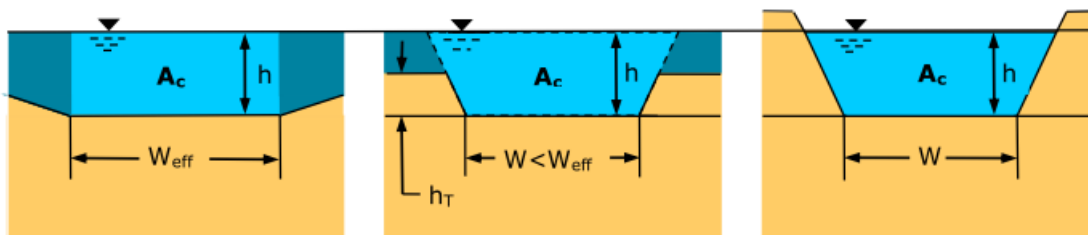
Taulukko 6. Rajanopeuden arvoja eri vesisyvyyksillä Frouden luvuilla 0,6–0,7.

Vesisyvyys h (m)	Rajanopeus (m/s)
6,0	4,6–5,4
8,0	5,3–6,2
10,0	5,9–6,9
12,0	6,5–7,6
14,0	7,0–8,2

Nopeuspainuman määrittäminen

Nopeuspainuman määrittämisessä voidaan erottaa seuraavat kolme perustapausta poikkileikkaustyyppin perusteella (kuva 4.9):

- Tyyppi A Avovesipoikkileikkaus
- Tyyppi B Ruopattu väylä tai kapeikko
- Tyyppi C Kanava tai hyvin kapea salmi



Kuva 4.9. Poikkileikkaustyyppit /1/.

Nopeuspainuman määrittämistä varten on kehitetty lukuisia laskentakaavoja. Useimpien kaavojen perusmuoto on pitkälle sama. Liitteessä 4 on esitetty yhteenveto eri laskentamenetelmien soveltuvuudesta ja reunaehdoista sekä eri menetelmillä saatujen tulosten vertailukäyrästä (PIANCin suunnitteluohjeet /1/). Eri menetelmillä saadut tulokset ovat yleisesti ottaen samaa suuruusluokkaa ja painumakäyrät nopeuden funktiona pitkälti samanmuotoisia, joskin erot varsinkin suuremmilla alusnopeuksilla saattavat kasvaa merkittäviksikin, poikkileikkaustyyppistä ja alustyyppistä osin riippuen.

Tässä ohjeessa esitetään **Huuska/Gulievin** laskentamentelmä, joka on yleisesti käytetty, ja joka soveltuu käytettäväksi kaikille poikkileikkaustyypeille.

Huuska/Guliev-laskentakaava

$$S_{max} = C_0 * \frac{C_B * B * T}{L_{pp}} * \frac{F_{nh}^2}{\sqrt{1 - F_{nh}^2}} * K_S$$

C_0 = aluksen muodosta johtuva kerroin, jolle esitetään arvoja 1,75 ... 2,4

- $C_0 = 2,4$ erittäin suurille ja täyteläisille aluksille, kun C_B on yli 0,8
- $C_0 = 2,0$ normaalimuotoisille aluksille, kun C_B on 0,7 ... 0,8
- $C_0 = 1,7$ virtaviivaisille aluksille, kun C_B on alle 0,7

C_B = uppouman täyteläisyyskerroin

L_{pp} = aluksen keula- ja peräpystysuorien välinen etäisyys (ns. perpendikkelipituus/vesiviivan pituus)

T = aluksen syväys

B = aluksen leveys

F_{nh} = Frouden luku

$$F_{nh} = v / \sqrt{g * h}$$

K_s = väyläpoikkileikkauksen muodon huomioon ottava kerroin

- $K_s = 7,45 s_1 + 0,76$, kun $s_1 > 0,03$ (poikkileikkaustyytit B ja C)
- $K_s = 1,0$, kun $s_1 < 0,03$ (poikkileikkaustyyppi A)

$$s_1 = A_s / A_c \times 1 / K_1$$

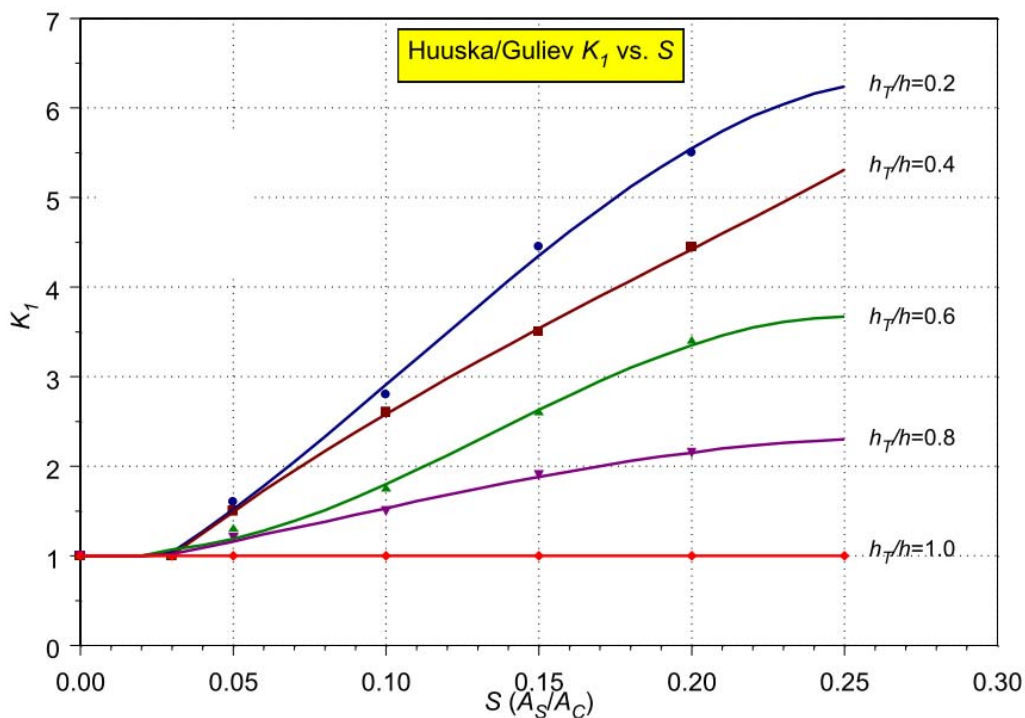
A_s = aluksen poikkileikkausala

A_c = väyläpoikkileikkauksen pinta-ala

K_1 voidaan määrittää oheisen kuvan (kuva 4.10) käyrästä alus- ja väyläpoikkileikkausalojen suhteen perusteella

Reunaehdot Huuska/Guliev-kaavan käytölle:

- $F_{nh} < 0,7$
- $C_B \quad 0,60 \dots 0,80$
- $B/T \quad 2,19 \dots 3,50$
- $L_{pp}/B \quad 5,50 \dots 8,50$



Kuva 4.10 Huuska/Guliev: kertoimen K_1 määrittäminen /1/.

ICorels-menetelmässä kaava on muuten sama, paitsi siitä puuttuu väyläpoikkileikkauksen muodon huomioiva kerroin K_s . Kaava soveltuu näin ollen vain avovesipoikkileikkauksille. Huuska/Guliev-kaavasta käytetään joissain yhteyksissä myös nimitystä HUUSKA/GULIEV/ICORELS-menetelmä.

Squat-laskelmissa käytettävä vesisyvyys määritetään poikkileikkauksen keskimääräisen vesisyvyyden mukaan (vähintään n. 1/3 aluspituuden matkalla). Yksittäiset syvyspiikit (esim. lohkareet) eivät vaikuta vesipoikkileikkausalaan ja sitä kautta aluksen hydrodynaamiseen käyttäytymiseen. Ruoppausalueiden kohdalla squat-laskelmissa käytettävissä vesisyvyysarvoissa on syytä huomioida ylliruoppaus, i. keskimää-

räinen vesisyvyys on ruopatulla alueella aina jonkin verran (keskimääräisen ylikuopauksen verran) teoreettista harausvyvyyttä suurempi.

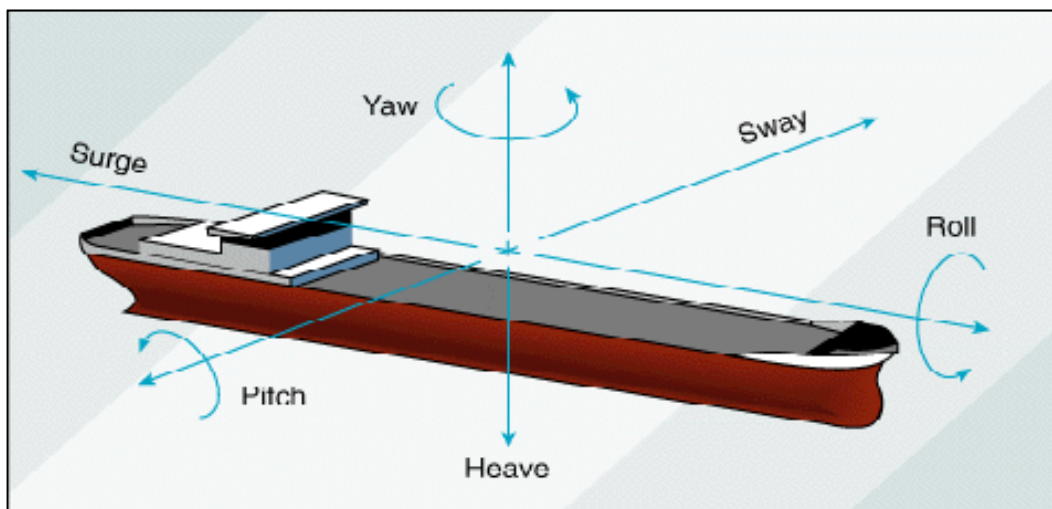
Painumalaskelmien tuloksia arvioitaessa on muistettava, että laskentakaavat ovat todellisuutta approksimoivia likiarvomenetelmiä ja antavat suuntaa antavia tuloksia. Mahdollisuuksien mukaan laskelmia on hyvä tehdä myös useammalla eri menetelmällä, ja myös hieman erilaisilla lähtöarvoilla (herkkyystarkasteluna). Keskimäärin laskentamenetelmät antavat jonkin verran suurempia painuma-arvoja kuin vastaavat kenttämittauksilla saadut arvot.

Squat-laskelmien tekemiseen on myös olemassa valmiita laskentaohjelmia,. Niitä käytettäessä on kuitenkin hyvä olla aina selvillä käytetyn menetelmän perusteista ja mahdollisista rajoitteista.

4.4.4 Aallokosta aiheutuvat vertikaaliliikkeet

Aallokosta aiheutuvina aluksen pystysuuntaisina liikkeinä voidaan erottaa (kuva 4.11):

- jyskintä (pitch), aluksen keinunta pituussuunnassa
- kohoilu (heave) vertikaalisuunnassa tapahtuva aluksen kohoilu aallokon mukana
- keinunta (roll) aluksen keinunta sivusuunnassa



Kuva 4.11 Laivan liikkeet.

Aallokosta aiheutuvat aluksen liikkeet riippuvat mm. aallokon ja aluksen mitoista sekä aallokon ja aluksen kulkusuunnan välisestä kulmasta. Aallokon ominaisuuksista tässä yhteydessä merkittäviä ovat aallon periodi, aallonkorkeus ja aallon pituus suhteessa aluksen pituuteen.

Aallokosta aiheutuvien aluksen liikkeiden määrittämiseksi on kehitetty useita eri laskentamenetelmiä (mm. PIANCin ohjeen kohdassa 2.4.2.3). Menetelmien heikkoutena on kuitenkin yleensä se, että näillä laskentamenetelmillä tarvittava varavesi tulee paljon suuremmaksi kuin mitä kokemus on osoittanut ja mitä nykyinen käytäntö vaatii. Käytännön mitoituksessa aallokosta aiheutuva lisä varaveteen arvioidaan sen vuoksi pitkälti kokemukseen perustuen: aiemmissa vastaavissa mitoitusilanteissa

käytettyihin varavesiarvoihin peilaten sekä kenttämittauksiin ja mallikokeisiin perustuen.

Väylän suojaisella sisäosalla aallokosta aiheutuvien ja muiden pystysuuntaisten liikkeiden (nopeuspainumaa lukuunottamatta) arvioitu suuruus varaveden mitoituksessa on ollut käytännössä luokkaa n. 0,2 m. Väylän ulko-osan suurempi varavesi johtuu pitkälti aallokosta aiheutuville liikkeille varatusta suuremmasta liikevarasta (lisäys liikevaraan käytännössä luokkaa n. 0,5 m).

4.4.5 Aluksen muut kallistumat

Aallokosta aiheutuvan kallistelun lisäksi kallistumaa voi syntyä sivutuulen vaikutuksesta sekä kaarteessa keskipakoisvoiman aiheuttamana. Tuulesta aiheutuvan kallistuman suuruuteen vaikuttaa oleellisesti aluksen tuulipinta-ala ja aluksen painopisteen sijainti. Kaarteessa aluksen kallistumaan vaikuttaa käännöksen kulmanopeus (aluksen nopeus ja kaarresäde).

Kallistumasta aiheutuvan vertikaaliliikkeen suuruus S_K voidaan määrittää kaavalla:

$$S_K = F_K * \left(\frac{B}{2} * \sin \phi_{WR}\right)$$

F_K aluksen rungon (poikkileikkaus)muodon huomioiva kerroin (n. 0,76–0,90)

ϕ_{WR} aluksen kallistuma (karkea suuruusluokka n. 1–2 astetta)

Tarkempia laskennallisia menetelmiä aluksen kallistuman määrittämiseksi on esitetty PIANCin ohjeen kohdissa 2.3.2 ja 2.4.2.2.

4.4.6 Kõlivara

Jotta alus voisi säilyttää ohjattavuutensa ja pohjakosketuksilta välttyttäisiin, on kölillä kaikissa tilanteissa oltava tietty kõlivara (jäännösvaravesi, net underkeel clearance). Kõlivaraan sisällytetään myös väylän harausvyvyyden varmistamisessa käytetyille mittausmenetelmille ominaiset satunnaiset epätarkkuudet.

Useilla meriväylillä kõlivan suuruudeksi on otettu 0,5 m. Sisävesillä, missä kokonaisvaravesi on 0,6 m, kõlivan suuruus on 0,3 m, kun alus liikkuu suurimmalla sallitulla nopeudella. Kõlivan esitetään normaalitilanteessa käytettäväksi seuraavia arvoja:

- meriväylät 0,5 m
- sisävesiväylät 0,3 m

4.4.7 Liettymis- ja maannousuvara

Liettyminen on Suomen väylillä yleisesti ottaen varsin vähäistä. Kuitenkin niillä väylillä ja sellaisilla alueilla, joilla lietymistä on todettu tai arvioidaan tapahtuvan, on lietymisvara syytä huomioda ylimääräisenä lisänä väylän harausvyvyyttä määritettäessä. Väylän varavesitarkastelussa (varaveden riittävyyden arvioinnissa) lietymisvaraa ei oteta huomioon.

Maan kohoaminen on väyliä hitaasti mataloittava tekijä, jonka vaikutus on merkittävin Pohjanlahden alueella ja otetaan harkinnan mukaan huomioon väylän haraus-

syvyyttä määritettäessä. Merivedenpinnan kohoaminen on vastakkaiseen suuntaan vaikuttava ilmiö, joka osaltaan vähentää maannousun mataloittavaa vaikutusta. Näiden yhteisvaikutuksena syntyvä nk. keskivedenpinnan aleneminen otetaan harkinnan mukaan huomioon väylän haraussyvyyttä määritettäessä (ylimääräisenä lisänä mitoitettuun varaveteen).

Liettymis- ja maannousuvaraa ei liitetä väylän nimelliseen haraussyvyyteen.

4.4.8 Väylän varaveden ja haraussyvyyden mitoitus

Väylän varaveden ja haraussyvyyden määrittämistä varten väylä jaetaan erityyppisiin väyläosuuksiin, joita tyypillisesti ovat:

- väylän ulko-osa (aallokon vaikutuksille avoin merialue)
- väylän sisäosa (matalikoiden ja saarten suojaama merialue)
- satama-allas (satamaoperointiin käytettävä alue, jossa alusnopeudet pieniä, yleensä merenkäynniltä suojainen).

Joissain tilanteissa varaveden mitoitus voi olla tarpeen tehdä hyvinkin paikallisesti, niin että jossain tietyissä kriittisissä väyläkohdissa varavesi voi poiketa ko. väyläosuudella muuten käytetystä varavedestä (esim. vesipoikkileikkaukseltaan ahdas kapeikko, matala kaarrealue tms.).

Alustavassa mitoituksessa voidaan väylän kokonaisvaravesi määrittää suhteessa väylän kulkusyvyyteen (mitoitusaluksen syvyyteen) seuraavasti:

- | | |
|-----------------------|-------------------------------|
| • väylän ulko-osalla: | 1,2 x T tai vähintään 1,5 m |
| • väylän sisäosalla: | 1,15 x T tai vähintään 1,0 m, |
| • satama-altaassa: | 1,1 x T tai vähintään 0,6 m. |

Edellä mainittuja ohjearvoja sovelletaan kulkusyvyydeltään yli 6 m väyliin.

Suomessa viimeisimpien vuosikymmenien aikana toteutetuissa väylähankkeissa käytetyt varavesiarvot vastaavat suuruusluokaltaan pitkälti em. alustavia ohjearvoja. Liian pienestä mitoitusvaravedestä johtuneista pohjakosketuksista ei näiltä väyliltä ole tänä aikana tullut väyläviranomaiselle havaintoja, eivätkä myöskään väyläkäyttäjät ole yleisesti ottaen kokeneet varaveden riittävyttä ongelmana, joten em. arvoja voidaan pitää lähtökohtaisesti meidän oloissamme riittävinä.

Vertailuna em. suositusarvoihin on taulukossa 7 esitetty PIANCin suositusarvot väylän vesisyvyyden alustavaa mitoitusta varten.

Taulukko 7. PIANCin ohjeen mukaiset suositusarvot varavedelle (alustava mitoitus)
/1/

Description	Vessel Speed	Wave Conditions	Channel Bottom	Inner Channel	Outer Channel
Ship Related Factors F_S					
Depth h	≤ 10 kts	None		$1.10 T$	
	10 - 15 kts			$1.12 T$	
	> 15 kts			$1.15 T$	
	All	Low swell ($H_S < 1$ m)			$1.15 T$ to $1.2 T$
		Moderate swell (1 m $< H_S < 2$ m)			$1.2 T$ to
		Heavy swell ($H_S > 2$ m)			$1.3 T$ to $1.4 T$
	Add for Channel Bottom Type				
	All	All	Mud	None	None
			Sand/clay	0.4 m	0.5 m
			Rock/coral	0.6 m	1.0 m
Air Draught Clearance (ADC)					
ADC	All	All		$0.05 H_{st}$	$0.05 H_{st}$ + $0.4 T$
Notes:					
1. For Ship Related Factors: Assumes $T > 10$ m. If $T < 10$ m, use value for $T = 10$ m					
2. Swell means waves with peak periods T_p greater than 10 s					
3. For Outer Channel swell values, use lower value for smaller swell wave periods and higher value for larger swell periods					
4. Value of significant wave height H_S is dependent on required operation, design ship type, level of accessibility, wave period and relative wave direction					
5. H_{st} is the distance from the sea surface to the top of the ship					
6. Seawater density assumed for T . Additional adjustments required if fresh water.					

Tarkemmassa mitoituksessa (perusmitoitusvaiheessa ja tarkentavassa mitoituksessa) tarvittavan varaveden määrä tulee aina tarkistaa käymällä em. varaveteen vaikuttavat tekijät kohta kohdalta läpi eri osatekijät ja paikalliset olosuhteet huomioiden laskennallisiin menetelmiin ja kokemuseräiseen tietoon nojautuen. Tässä yhteydessä tulee kiinnittää huomiota mm. seuraaviin osatekijöihin:

- Nopeuspainuman (squat) määrittäminen kriittisissä väyläpoikkileikkauksissa alusnopeus huomioiden: onko nopeutta tarpeen rajoittaa tietyissä kohdin väylää, ja toisaalta onko näin määritetty rajanopeus riittävä aluksen ohjailtavuuden säilyttämiseksi ko. väyläkohdassa?
- Alueen aallokko-olosuhteet ja vaarallisimpien aaltojen suunta suhteessa väylän linjaukseen.
- Matalien sijoittuminen kaarrealueille: onko tarvetta huomioida aluksen kaarteissa tapahtuvasta kallistumasta aiheutuva painuma erikseen lisänä varavedessä?
- Mitoituslustyypin tuulipinta-ala (onko merkityksellinen aluksen kallistumaa silmällä pitäen?).
- Vedenkorkeusvaihtelut: onko tarvetta vedenkorkeusvaihteluiden (alivesitilanteiden) erikseen huomiointiin?

- Liettyimisvaran huomiointi.
- Ruoppauskustannukset: Hankkeissa, joissa ruoppausmäärät ja kustannukset ovat suuret, mitoitus on syytä tehdä mahdollisimman huolellisesti kaikki käytettävissä oleva tieto hyödyntäen, jotta vältetään ylimitoituksesta johtuvilta turhilta kustannuksilta, väylän turvallisuus ja käytettävyys kuitenkin varmistuen.
- Pohjan laadun mahdollinen huomiointi: Pohjan laatu ei sinällään vaikuta aluksen käyttäytymiseen ja varavesitarpeeseen. Kova lohkarainen pohja ja kallio lisäävät mahdollisen pohjakosketuksen vahinkoriskiä, mikä on syytä huomioida kriittisten väyläkohtien varavesitarkastelussa. Pohjan laatu vaikuttaa merkittävästi myös ruoppauskustannuksiin (edellinen kohta).

Aluksen pystyliikkeet ovat kokonaisuutena dynaaminen, monista eri osatekijöistä koostuva prosessi, jonka yksikäsitteinen laskennallinen (deterministinen) määrittely eri tekijöitä yhteen summaamalla johtaa helposti ylisuuriin varavesiarvoihin (todennäköisyys sille, että kaikki tekijät vaikuttavat samanaikaisesti samaan suuntaan, on hyvin pieni), mikä on syytä ottaa myös mitoitustarkastelussa huomioon.

Jos väylän suunnittelussa on käytetty useampia mitoitusaluksia, on varavesitarkastelu syytä tehdä kussakin tapauksessa kriittisimmän aluksen/alustyyppin mukaan, mahdolliset väylän käyttösuositukset ja -rajoitukset myös huomioiden (mm. nopeusrajoitukset ja -suositukset, hinaajien käyttö).

Joissain tilanteissa varaveden mitoitus voi olla tarpeen tehdä hyvinkin paikallisesti normaalista väylän ulko-osa/sisäosa -tarkastelusta poiketen, niin että joissain tietyissä kriittisissä väyläkohdissa varavesi voi poiketa ko. väyläosuudella muuten käytettyä varavedestä (esim. vesipoikkileikkaukseltaan ahdas kapeikko, matala kaarrealue tms.).

Talviliikenteen huomioimista väyläsyvyyden määrittämisessä on käsitelty kohdassa 7.5.

Vedenkorkeusvaihteluiden huomioiminen mitoituksessa:

Väylän syvyyden mitoittaminen tehdään lähtökohtaisesti ko. suunnitteluhankkeessa käytetystä vedenkorkeuden vertailutasosta. (meriväylillä MW-taso). Joissain tilanteissa, varsinkin jos kyse on säännöllisestä, aikatauluun sidotusta liikenteestä, on alivesitilanteet syytä huomioida jo suunnittelussa siten, että varaveteen lisätään tietty vara alivesitilanteita varten sopivaksi katsotun pysyvyyssprosentin mukaan. Toisena mahdollisuutena on huomioida vastaava lisä ylimääräisenä lisänä väylän kulkusyvytydessä (ko. mitoitusalukseen nähden).

4.4.9 Väylien kulkusyvyyskäytäntö

Väylien syvyys ilmoitetaan Suomessa kulkusyvytytenä. Liikennevirasto vahvistaa kullekin väylälle tietyn kulkusyvytyden, joka merkitään merikarttaan. Kulkusyvyys tarkoittaa suurinta suunniteltua syvyyttä, jolla alus voi käyttää väylää. Kulkusyvyys määritetään vertailutason mukaisesta vedenpinnan tasosta.

Väylän suunnittelun yhteydessä tehtävä varaveden mitoitus perustuu tiettyihin lähtöarvo-oletuksiin käytettävästä alustyyppistä ja navigointiolosuhteista. Nämä tekijät voivat käytännön navigointitilanteessa poiketa mitoituksessa käytetyistä lähtöarvoista, mistä syystä todellinen varavesitarve voi myös poiketa mitoitustilanteesta arvioidusta. Kulkusyvyyskäsitteen tulkintaan sisältyy sen vuoksi periaate, että väylän sy-

vyyttä voidaan hyödyntää olosuhteiden mukaan väylälle varmistetun vesisyvyyden (väylän harausyvyyden) puitteissa. Alus voi näin ollen harkintansa mukaan ja olosuhteet huomioiden käyttää väylää myös vahvistettua kulkusyvyyttä suuremmalla syväydellä silloin, kun sen varavesitarve on mitoitustilanteeseen nähden vähäisempi. Aluksen varavesitarpeeseen/pystysuuntaisiin liikkeisiin pienentävästi vaikuttavia tekijöitä suhteessa mitoitustilanteeseen voivat olla mm. alhainen alusnopeus, tyynet ja hyvät olosuhteet sekä aluksen tyyppi ja rungon muoto.

Väylien kulkusyvyyskäytännön periaatteet on esitetty Liikenneviraston ohjeessa "Väylien kulkusyvyyskäytännön periaatteet ja soveltaminen" (31.10.2011).

5 Merkinnän suunnittelu

5.1 Yleistä

5.1.1 Aluksen paikannus väylällä

Väylämerkinnällä osoitetaan väyläkäyttäjille väyläalue, väylän linjaus, liikenteen kannalta vaaralliset karit sekä muut navigoinnin kannalta tärkeät erityiskohteet.

Navigoinnissa väylämerkintä antaa väyläkäyttäjälle tiedon aluksen sijainnista ja kulusta väylään nähden. Väylämerkintä auttaa myös aluksen sijainnin yhdistämisessä merikartalle.

Aluksen paikantaminen väylänavigoinnissa voi perustua seuraaviin menetelmiin:

- optiseen havainnointiin perustuva paikantaminen (optinen navigointi)
- tutkahavaintoihin perustuva paikantaminen (tutkanavigointi)
- satelliittipaikannus (satelliittinavigointi).

Väylämerkintä tähtää siihen, että väylää voidaan navigoida sekä optista navigointia että tutkanavigointia käyttäen. Mitä kapeampi ja mutkaisempi väylä on, sitä tehokkaampi on merkinnän oltava, jotta alusta voitaisiin ohjata riittävällä tarkkuudella. Käytännössä aluksen paikantaminen tapahtuu usein kaikkia edellä lueteltuja menetelmiä käyttäen ja niiden tietoja yhdistäen. Periaatteena on, että väylänavigoinnissa tulee aina olla mahdollisuus käyttää tarvittaessa toista paikannusmenetelmää varajärjestelmänä: optista navigointia käytettäessä varalla on oltava mahdollisuus tukeutua tutkaan tai satelliittipaikannukseen (esim. tilanteissa, joissa näkyvyys äkillisesti huononee), vastaavasti satelliittinavigointia käytettäessä tutkaan tai optiseen paikantamiseen.

5.1.2 Väylämerkinnän yleiset periaatteet

Suomessa väylien merkintä perustuu pääsääntöisesti linjamerkinnän ja reunamerkinnän yhdistettyyn käyttöön. Linjamerkintään perustuva paikannus on aikoinaan kehittynyt olosuhteiden pakosta, koska väylää ei ole pystytty merkitsemään jäissä kestäväillä reunamerkeillä. Maalle rakennetut linjamerkit olivat aikaisemmin ainoita luotettavia merenkulun turvalaitteita. Kiinteiden reunamerkkien ja poijujen kehittymisen myötä reunamerkinnän käyttö ja merkitys on kasvanut, niin että monessa tapauksessa aluksen ohjailu tapahtuu joko kokonaan tai suurimmaksi osaksi väylän reunamerkinnän avulla.

Suomessa merkintäjärjestelmänä käytetään IALAn (International Association of Maritime Aids to Navigation and Lighthouse Authorities) mukaista viitoitusjärjestelmää A, joka on yhdistetty kardinaali- ja lateraalijärjestelmä, ja joka sisältää kardinaali- ja lateraalimerkkien lisäksi karimerkkejä, turvavesimerkkejä ja erikoismerkkejä.

Tässä ohjeessa esitetyt merkintäperiaatteet koskevat ensisijaisesti optisen navigoinnin ja tutkanavigoinnin tarpeita. Optista navigointia käytettäessä oleellista on, että väylämerkintä antaa väyläkäyttäjälle mahdollisimman hyvän kuvan väylän kulusta (optinen ohjaus) ja aluksen sijainnista väylään nähden. Tutkanavigoinnissa oleellista

on väylämerkinnän osalta riittävä määrä luotettavia tutkamaaleja sekä niiden oikea sijoittelu mahdollisimman selkeän ja havainnollisen tutkakuvan luomiseksi väylän alueesta.

Satelliittipaikannukseen perustuvat nykyaikaiset navigointijärjestelmät antavat väylänkäyttäjälle havainnollisen ja monipuolisen reaaliaikaisen tiedon aluksen kulusta ja sijainnista väylään nähden. Järjestelmien kehittymisen ja lisääntyvän käytön myötä myös perinteisen fyysisen väylämerkinnän käyttötapo, merkitys ja määrä tulevat jossain määrin muuttumaan.

Periaatteellisia ratkaisuesimerkkejä väylämerkinnästä erityyppisissä tapauksissa suoralla väyläosuudella ja kaarteissa on esitetty liitteissä 5.1 ja 5.2. Talviliikenteen vaikutuksia väylän merkintään on käsitelty kohdassa 7.5.

5.2 Linjamerkintä

Linjamerkeillä osoitetaan väylälinjan suunta ja sijainti. Vaikeissa erityistapauksissa pyritään linjamerkit rakentamaan väylälinjan molempiin päihin. Linjamerkkien käytökelpoisuutta heikentää se, että sijaitessaan havaitsijasta kaukana, ne eivät useinkaan näy sumun, sateen tms. syyn takia. Maalle rakennetut linjamerkit (valtaosa linjamerkeistä) eivät myöskään näy tutkakuvassa. Nämä linjamerkinnän puutteet merkitsevät sitä, että navigointi ei voi perustua pelkästään linjamerkintään.

Linjamerkit pyritään rakentaman enemmän linjan pohjoispäähän, jolloin niiden käyttö vastavaloon on vähäisempää (taulujen näkyvyys heikoin vastavaloon katsottaessa). Rannikkomme tuloväylillä linjamerkit ovat satamaan päin mentäessä suurimmaksi osaksi linjan edessä, ulos mentäessä takana.

Linjamerkit pyritään suunnittelemaan rakentamisen ja ylläpidon kannalta edullisen paikkaan (mm. veteen rakentamista, erityiskäyttöön otettuja alueita sekä laajoja näkemäesteitä pyritään välttämään).

Linjamerkkien perustamismahdollisuudet vaikuttavat osaksi myös väylän linjauksen suunniteluun. On tapauskohtaisesti harkittava, missä määrin linjan sijainti ja suuntaus on mahdollista ja tarkoituksenmukaista määrittää linjamerkeille sopivien perustamisaikojen mukaan väylän geometriaa huonontamatta tai ruoppauskustannuksia lisäämättä.

Linjamerkkien sijoittelussa tulisi ottaa huomioon mm. seuraavat seikat:

- Linjamerkit on pyrittävä rakentamaan kustannussyistä maalle, ellei veteen rakentamisella voida oleellisesti parantaa linjan toimivuutta ja näkyvyyttä (linjamerkinnän tarpeellisuus harkittava näissä tilanteissa lisäksi erityisen huolella).
- Yli 12 km pituisiin näköetäisyyksiin ei juurikaan kannata investoida, koska tällaisten linjamerkkien näkyvyys on erittäin rajoitettu. Linjamerkkien korkeus ja taulujen koko voivat myös pitkällä linjoilla nousta kohtuuttoman suuriksi.
- Mikäli linja merkitään vain toisesta päästä, on merkit pyrittävä sijoittamaan linjan pohjoisen puoleiseen päähän, jotta vastavaloon navigointi jäisi vähäiseksi.
- Kohoava maasto pienentää varsinkin ylemmän linjamerkin rakennekorkeutta.
- Linjamerkkien näkyvyyttä heikentävät taustan valot, savut, muut rakenteet yms.

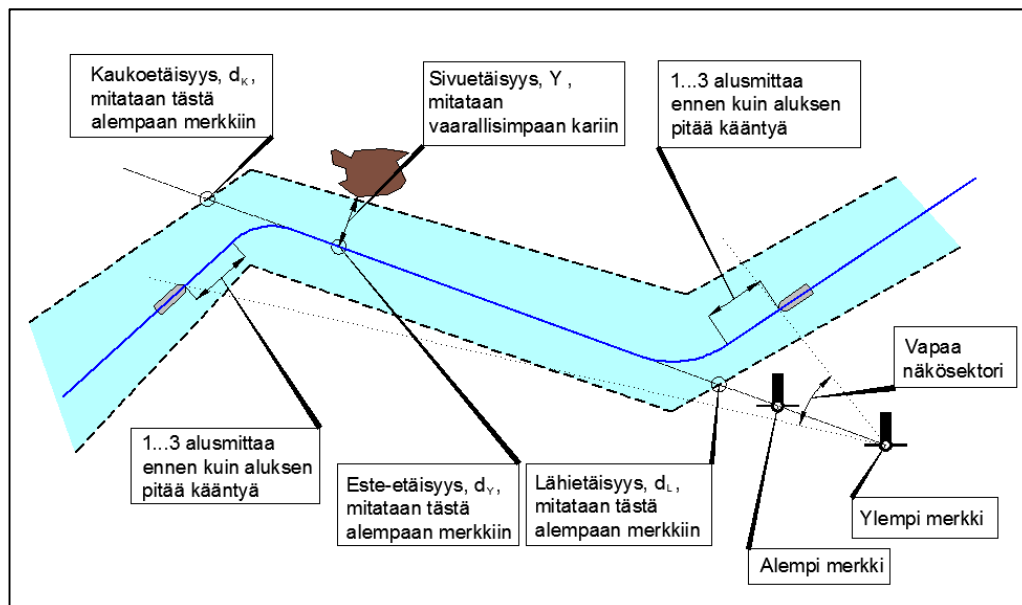
- Linjamerkinnän tulee toimia koko linjan pituudelta (koko linjan käyttöetäisyydellä).
- Linjan kanta (ylemmän ja alemman linjamerkin välinen etäisyys) tulee olla riittävän pitkä suhteessa linjan käyttöetäisyyteen,
- näkemäsektorien vaatima tila: Linjamerkkien tulee näkyä jo ennen linjalle tuloa (edeltävän linjan kaarteeseen alkupisteestä).

Linjamerkkien päivämerkkinä toimivat taulurakenteet voidaan erikoistapauksissa korvata päiväloistoilla (valoisana aikana toimivia erillisiä suuritehoisia loistovaloja).

Mikäli linjamerkiparin rakentaminen väylälinjalle ei ole mahdollista, linjamerkintä voidaan erikoistapauksissa korvata erityisen kapean ja tarkan sektorin näyttävällä sektoriloistolla.

Puuttuvaa linjamerkintää voidaan korvata hyvällä reunamerkinnällä.

Linjalaskennan perusteista on julkaistu Liikenneviraston ohje "Vesiväylien linjalaskennan perusteet" (Liikenneviraston oppaita 2/2012) käytettäväksi linjamerkkien suunnittelussa ja mitoituksessa. Oppaassa on esitetty mm. linjamerkkien ja -loistojen korkeuden, taulujen koon, loistojen valovoiman ja heijastimien pinta-alan mitoitus sekä linjamerkinnän toimivuuden tarkistus (K-arvon laskenta). Linjalaskentaa varten on saatavissa valmiita laskentasovelluksia (mm. Liikenneviraston ja IALAn sovellukset).



Kuva 5.1. Linjalaskennan lähtöarvojen ja näkemäsektoreiden määrittäminen /19/.

5.3 Reunamerkintä

5.3.1 Yleiset periaatteet

Väylän reunamerkinnässä on kaksi periaatteiltaan toisistaan eroavaa lähestymistapaa: väyläaluemerkintä ja matalanmerkintä. Väyläaluemerkinnässä merkitään ensisijaisesti teoreettista väyläaluetta. Matalamerkinnässä tavoitteena on merkitä väylän reunoilla olevat navigoinnin kannalta kriittiset matalat.

Suomessa käytettävä väylän reunamerkintä on yhdistelmä väyläalue- ja matalamerkinnästä. Väyläaluetta pyritään tarkoituksenmukaisessa määrin laajentamaan väylän reunoilla oleviin mataliin saakka, ja reunamerkintä asettamaan siten, että vaarallisimmat ja kriittiset matalat tulevat merkityiksi samalla kun merkintä osoittaa myös väyläalueen tarkoituksena antaa mahdollisimman hyvän kuvan väyläalueen sijainnista ja väylän kulusta (optinen johdatus).

Väyläaluetta ei ole tarpeellista merkitä yksikäsitteisen kattavasti maastoon siten, että kaikki väyläalueen taitepisteet olisi merkitty turvalaittein. Varsinkin väljillä ja täysysvillä vesialueilla etenkin ulkokaarten puolella olevat taitepisteet voidaan monessa tapauksessa jättää merkitsemättä.

5.3.2 Kardinaali- ja lateraalimerkinnän käyttö

Väylän reunamerkinnässä voidaan käyttää joko lateraali- tai kardinaalimerkintää (molemmat ovat IALAn A-viitoitusjärjestelmän mukaisia merkintäjärjestelmiä). Lateraalijärjestelmän mukaiset merkit osoittavat väylän oikeaa ja vasenta reunaa. Kardinaalijärjestelmän mukaiset merkit osoittavat, millä puolella merkkiä on kulkukelpoista vettä (= millä puolella merkkiä on väyläalue). Kun väyläalueen reunat samalla usein rajautuvat lähimpiin mataliin, toimivat merkit molemmissa järjestelmissä samalla sekä väyläalueen että matalien merkkeinä.

Valinta lateraali-/kardinaalimerkinnän välillä on ratkaistava tapauskohtaisesti paikalliset olosuhteet, alueen muu väylästä ja merkintä huomioon ottaen. Lateraalimerkinnän käyttö edellyttää, että väylän nimellinen kulkusuunta on määritetty. Kulkusuunnan tulee noudattaa yleisiä kulkusuunnan määräytymiskriteereitä, ja sen tulisi olla myös maastossa mahdollisimman yksikäsitteisesti hahmotettavissa. Lateraalinen merkintä sopii tyypillisesti tilanteisiin, joissa väylämerkintä on suhteellisen tiheä, ja väylää navigoitaessa oleellisinta on pystyä nopeasti hahmottamaan väylän oikea ja vasen reuna ja väylän kulku. Ilman merikarttaa ja muun merkinnän tukea yksittäinen kardinaalimerkki on maastossa lateraalimerkkiä yksikäsitteisemmin tulkittavissa.

Samaa merkintätapaa käytetään yleensä koko väylän pituudella, seuraavat erityistilanteet huomioiden:

- Lateraalisesti merkityllä väylällä väylän risteyskohdat voivat olla merkinnän selkeyden vuoksi tarpeellista merkitä kardinaalimerkeillä
- Lateraalisesti merkityillä väylillä väyläosuudet, joissa reunamerkintä on kovin harva, voidaan tarvittaessa merkitä kardinaalimerkeillä, kuten myös tuloväylän avoimella merialueella oleva ulko-osa, jossa merkintä on suhteellisen harvaa.
- Lateraalisesti merkityllä väylällä varsinaisesta navigointiin käytettävästä väyläalueesta sivuun jäävät erityisalueet merkitään kardinaalimerkeillä (mm. väylän levennysalueet ja ankkurointialueet).

- Tiheästi reunamerkityissä väyläkohdissa saattaa olla merkinnän havainnollisuuden parantamiseksi tarpeen merkitä joku yksittäinen kohta muusta merkinnästä poikkeavalla merkillä. Varsinkin pimeällä navigoitaessa menettely voi helpottaa tietyn väyläkohdan hahmottumista väylänkäyttäjälle.

Väylän ulkopuolella olevien matalien merkitsemiseen käytetään kardinaalimerkkejä (yksittäisen karin merkitsemisessä myös karimerkkiä). Väylän läheisyydessä olevan tällaisen matalamerkinnän ja väyläalueen välisen vesialueen tulee olla varmistettu väylän syvyyttä vastaavaan tasoon.

5.3.3 Merkkien käyttö ja sijoittelu

Reunamerkinnässä noudatetaan ns. viitasta viittaan – sääntöä eli kahden peräkkäisen saman puoleisen poijun tai viitan yhdyssuoran väylänpuolelle ei saa jäädä harautason yläpuolelle ulottuvaa aluetta (koskee samalla väylälinjalla tai kaarrealueella olevia peräkkäisiä merkkejä).

Reunamerkkien välimatkan tulee olla suhteessa väylän leveyteen, linjauksen mutkaisuuteen sekä niihin olosuhteisiin, joissa väylää käytetään. Ohjearvoja merkkien välisille etäisyyksille ei meillä Suomessa ole määritetty. Käytetyt etäisyydet perustuvat käytännön kokemukseen toteutettujen merkintäsuunnitelmien toimivuudesta ja väylänkäyttäjiltä saatuun palautteeseen.

Merkit tulee pyrkiä sijoittamaan kapeilla väyläosilla pareittain väylän molemmille puolille, sillä portti on väylällä hyvä optinen johdattaja. Käytännössä väylänkäyttäjä mieltää merkinnän porttimaiseksi, vaikka merkit eivät olisikaan täysin kohdakkain (muut tarkoituksenmukaisuusnäkökohdat voidaan asettaa tarkan porttimaisuuden edelle).

Väylän reunamerkinnässä käytettäviä turvalaitetyyppejä ovat kiinteät reunamerkit, poijut ja viitat. Niiden käytöstä ja soveltuvuudesta eri tilanteissa on syytä huomioida:

- Kiinteitä reunamerkkejä käytetään liikkuvan jään alueella sekä paikoissa, joissa tarvitaan kaikissa navigointiolosuhteissa luotettavaa paikanmäärittystä.
- Kiinteän reunamerkin tulee olla lähellä väylän reunaa. Sopiva etäisyys kiinteästä merkistä väylän reunaan on 0,5–1,0 x mitoitusaluksen leveys. Käytännössä etäisyys määräytyy pitkälti sopivien perustamisolosuhteiden mukaan. Etäisyys ei ilman erityistä syytä saa ylittää 50 metriä. Jos etäisyys on tätä suurempi, tarvitaan lisämerkinnäksi viitta tai poiju osoittamaan väylän reunaa, tai vaihtoehtoisesti merkki rakennetaan tyypiltään pelkkänä tutka-merkinä.
- Ruopattavilla väyläosuksilla on syytä harkita reunamerkkien rakentamista vain väylän toiselle puolelle siten, että väylää mahdollisesti syvennettäessä ja levennettäessä levennys voidaan tehdä toiselta puolelta väylää reunamerkit säilyttäen.
- Ankkurointitavaltaan vapaasti kelluvia poijuja käytetään kohdissa, joissa väyläleveys on suuri (poijujen vaatima liikkumatila ei rajoita liikaa väyläleveyttä). Jännitetysti ankkuroituja poijuja (poijuviittoja) käytetään kapeissa väyläkohdissa.
- Syvyysolosuhteet, pohjan muoto ja pohjan laatu on syytä huomioida poijun paikan määrittämisessä. Ankkuripainojen vaatima tila on syytä huomioida poijun paikan määrittämisessä, niin että painolle ei tarvitsisi erikseen kaivaa perustuskuoppaa (määritetään paikka matalan reunasta mahdollisuuksien

mukaan riittävästi syvään päin). Hyvin syvään veteen (yli 30 m) poijujen asettamista on myös syytä välttää. Poijun asennuspaikka kannattaa suunnitella pohjatopografialtaan mahdollisimman tasaiseen kohtaan. Jyrkässä luis-kassa poiju ei pysy paikoillaan, paitsi jos poiju voidaan ankkuroida kallioon.

- Merkkien sijoittelussa tulisi pyrkiä huomioimaan myös niiden näkyvyys tutkassa (mm. niin, etteivät tutkakaiut menisi pahasti päällekkäin.
- Poijut ovat rakenteeltaan ja ankkuroinniltaan viittoja järeämpiä. joten ne kestävät paremmin merenkäyntiä, jään rasituksia, näkyvät paremmin tutkassa, ja ovat paremmin varustettavissa valolaittein. Viittoja käytetään isommilla kauppamerenkulun väylillä suojaisemmilla paikoilla vähemmän kriittisissä väyläkohdissa täydentämään poijumerkintää sekä väylään liittyvien erityis-alueiden merkitsemisessä.

5.4 Muun lisä- ja apumerkinnän käyttö

5.4.1 Sektoriloistot

Sektoriloistot ovat väylän reuna- ja linjamerkintää täydentäviä valaistuja turvalaitteita, joiden käytöllä on pitkät perinteet jo ajalta ennen nykyisten merkinnäsuunnitteluperiaatteiden käyttöä. Nykyään sektoriloistoja käytetään pimeänavigoinnissa tukena ja lisänä reunamerkinnän ja linjamerkinnän antamalle paikannusinformaatiolle.

Sektoriloiston periaate on, että valkoinen valo osoittaa kulkukelpoiseen suuntaan. Sektorista vasemmalle poikettaessa valo muuttuu punaiseksi, oikealle poikettaessa vihreäksi (sektoria kohti ajettaessa). Valokaistan leveys riippuu avautumiskulman lisäksi etäisyydestä sektoriloistoon. Joissain kohteissa sektorivalon värin vaihtumiskohtaa käytetään esim. kääntöpisteen merkinä. Sektorimerkinnän tulkintaan maastossa tarvitaan aina merikartan tukea.

Sektoriloistojen sijoittamiselle ja valosektoreiden navigointitekniselle suuntaamiselle ei ole olemassa yksityiskohtaisempia tarkkoja ohjeita ja kriteereitä.

Kokonaan uusia sektoriloistoja ei enää juuri rakenneta. Vanhoja korvataan tarpeen mukaan, ja tarpeettomaksi jääneitä huonokuntoisia poistetaan. Väylien parannushankkeiden ja Navi-tarkistusten yhteydessä tehdään sektoreiden tarkistus ja tarvittaessa uudelleen suuntaaminen uuden väyläsuunnitelman (linjaus ja väyläalue) ja muun väylämerkinnän pohjalta. Sektoriloiston valosektoreiden tarkistamisessa oleellista on katsoa, että sektorit eivät ole ristiriidassa väyläalueeseen ja muuhun väylämerkintään nähden. Sektoreiden käytöstä ja tulkinnasta väylänavigoinnissa kunkin väylän ja yksittäisen sektoriloiston osalta saa parhaiten tietoa väylän luotseilta ja muilta väylänkäyttäjiltä.

Erityistapauksen sektoriloistojen käytölle muodostavat kohtiajomerkkeinä toimivat sektoriloistot, joita on rakennettu korvaamaan linjamerkintää tapauksissa, joissa linjamerkkiparia ei esim. maasto-olosuhteiden vuoksi ole ollut mahdollista rakentaa. Ominaista näille on hyvin kapea ja tarkka valosektori linjan suuntaan.

5.4.2 Muu merkintä

Majakat

Majakoita on rakennettu yleensä vain tärkeimpien väylien suilla. Majakalla varmistetaan, että avomereltä tuleva alus löytää väylän aloituskohdan kaikissa olosuhteissa. Perusrakenteeltaan majakka on reunamerkin kaltainen. Tutkamerkin tapaan majakka voi sijaita kauempana väyläalueen reunasta.

Erikoismerkit

Erikoismerkit on tarkoitettu käytettäväksi tiettyjen erikoiskohteiden, kuten meren-tutkimuslaitteiden, ruoppaus- ja läjitysalueiden, sotilaallisten harjoitusalueiden ja rajavyöhykkeiden merkitsemiseen. Niitä ei ole tarkoitettu käytettäväksi väylän reuna-merkinnässä tai muutenkaan ohjaamaan merenkulkua.

Tietyissä erityistapauksissa erikoismerkkiä voidaan käyttää väylään liittyvien erityis-alueiden merkitsemiseen, esim. tapauksissa, joissa erityisalueen varmistettu vesi-syvyys ei vastaa muun väyläalueen syvyyttä.

Turvalaitetyypiltään erikoismerkit ovat yleensä viittoja tai poijuja.

Karimerkit

Karimerkkejä voidaan käyttää väyläalueen ulkopuolella sijaitsevan ulottuvuudeltaan pienen matalan merkitsemiseen silloin, kun sen ympärillä kauttaaltaan on kulku-kelpoista vettä.

Turvavesimerkit

Turvavesimerkki osoittaa, että kaikkialla sen ympärillä ja myös sen alla on kulku-kelpoista vettä.

Merkillä voidaan osoittaa esim. väylän keskialuetta ja kulkua syvän selkäveden ylityk-sessä (korvaamaan linjamerkintää). Turvavesimerkkejä on käytetty vain matala-väylien merkitsemisessä, ja niilläkin lähinnä vain poikkeustapauksissa.

Kummelit

Kummeli on rannalle rakennettu, valaisematon turvalaite, joka toimii karkean paikan-nuksen apuvälineenä. Rakenteeltaan kummelit voivat olla hyvin erityyppisiä valkeaksi maalattu kivilatomuksesta kirjain- tai numerotunnuksella varustettuihin levykumme-leihin.

Kummelia käytetään ensisijaisesti vain matalaväylien, varsinkin veneväylien merkit-semisessä.

5.4.3 Virtuaalimerkintä

Virtuaaliset turvalaitteet ovat pelkästään sähköisesti luotuja turvalaitteita, jotka voi-daan esittää AIS-järjestelmässä sekä muissa sähköisissä navigoinnin kartta-aineistoissa.

Virtuaaliturvalaitteet soveltuvat mm. tilapäisten vaarakohteiden merkitsemiseen kii-reellisissä tapauksissa, kun kohteen merkitseminen maastossa ei pikaisesti tai muu-ten ole mahdollista. Joissain tilanteissa voidaan myös talviaikaista tai muuta poik-keustilanteen tilapäistä merkintää korvata virtuaalisella merkinnällä.

Sähköisissä aineistoissa väyläalueen reunaviiva kertoo jo suoraan ja yksikäsitteisesti väyläalueen sijainnin, joten virtuaaliturvalaitteiden asettaminen väyläalueen taite-pisteisiin pelkästään väyläalueen merkiksi on siinä mielessä turhaa ja tarpeetonta.

Virtuaaliturvalaitteiden mahdollinen tarve ja sijoituspaikat tulevat ilmi väylän käytön yhteydessä, ja ne ovat luonteeltaan enemmän tilapäisiä. Väylänsuunnittelun (väylä-merkinnän suunnittelun) yhteydessä on hyvä tiedostaa tällaisten merkkien olemassa-olo ja käyttömahdollisuus, mutta sen enemmän niitä ei ole yleensä tarvetta erikseen huomioida.

5.5 Väylien valaisu

Väylän valaisu tarkoittaa, että väylän turvalaitteet on varustettu siinä määrin valolait-tein, että väylää on merkinnän puolesta mahdollista käyttää pimeänä aikana. Väylän valaisu ei edellytä kaikkien väylään kuuluvien turvalaitteiden valaisemista, vaan aino-astaan pimeänavigoinnin kannalta välttämättömimpien. Käytännössä tämä tarkoittaa ensisijaisesti väylän kiinteää merkintää (linjamerkkejä, reunamerkkejä) sekä kriitti-simmissä kohdissa olevia reunapoijuja (kapeikot, käännöspaikat) ja viittoja. Yksi-käsitteisiä kriteereitä valaistulle väylälle ei väylämerkinnän osalta ole määritelty, vaan kutakin väylää on tarkasteltava omana tapauksenaan väylän navigoitavuus, lii-kenne ja paikalliset olosuhteet huomioiden. Valotunnuksina käytetään IALAn määrit-telyjen mukaisia tunnuksia.

Tiheästi merkityissä väyläkohdissa tai jos samassa näkemässä on muuten hyvin suuri määrä valaistuja turvalaitteita sekavana valomerenä, voidaan merkintää selkiinnyttää valojen tahdistuksella tai asettamalla esim. lateraalisen merkinnän joukkoon yksittäi-siä kardinaalimerkkejä (tai päinvastoin). Valojen tahdistus koskee myös linjavalais-tusta.

Väylän varrella olevat sektoriloistot, apuloistot, majakat ja muut kyseisen väylän reuna- ja linjamerkintään kuulumattomat valaistut turvalaitteet on syytä huomioida arvioitaessa väylämerkinnän käytettävyyttä pimeänavigoinnissa. Samoin on syytä huomioida muu ympäristön valaistus ja valolähteet (sataman ja kaupungin valot, tuulivoimalat ym. mastorakenteet). Satama-alueella voi olla esim. tarpeen käyttää linjamerkeissä valkoisesta valosta poikkeavaa valon väriä (esim. punainen, vihreä, keltainen) linjan havaittavuuden parantamiseksi.

Simulaattorikokeet ovat havainnollinen väline erilaisten väylämerkintävaihtoehtojen testaamisessa pimeänavigoinnissa.

Joissain tapauksissa väylämerkinnän havaittavuutta pimeällä voidaan parantaa va-rustamalla joku tai jotkut merkeistä fasadivalolla (koskee lähinnä kiinteitä reuna-merkkejä). Vastaavan tyyppisenä kohdevalona on lähellä rantaa kulkevilla väylä-kapeikoissa joissain tapauksissa käytetty rantavaloa (kohdennettuna esim. ranta-kallioon vesirajassa). Fasadi- ja rantavaloin ei käytetä valotunnuksia vaan kohteen valaisevaa kiinteää, yleensä valkoista valoa.

6 Satama-alueet ja muut erityisalueet

Väylään liittyvinä erityisalueina voidaan pitää ankkurointialueita, kääntöalueita, satama-altaita, levennysalueita sekä muita erityisalueita.

6.1 Satama- ja kääntöaltaat / Satama-alueet

Satamat pyritään sijoittamaan olosuhteiltaan suojaiseen paikkaan, varsinkin vallitseviin ja voimakkuudeltaan pahimpiin tulensuuntiin nähden.

Tuloväylä satama-alueella

Tuloväyläosuus satama-alueella mitoitetaan periaatteessa samoilla kriteereillä kuin muu tuloväylä (sama mitoitusalus). Satama-alueen väyläosuus on muuhun tuloväylään nähden tyypillisesti hyvin lyhyt. Erityispiirteinä on suunnittelussa ja mitoituksessa lisäksi syytä huomioida:

- alusnopeudet satama-alueella pienet (vaikuttaa mm. tarvittavan varaveden määrään ja aluksen ohjailtavuuteen)
- aluksen nopeuden hidastamiseen ja aluksen pysäyttämiseen tarvittava matka, ts. suoran väyläosuuden tulee olla riittävän pitkä ennen laituriallasta (aluksen voitava ylläpitää kaarteessa riittävää nopeutta käännöksestä selviytyäkseen)
- laiturilinjan tulisi olla enemmän yhdensuuntainen kuin poikittainen tulolinjaan nähden törmäysvahinkojen vähentämiseksi mahdollisissa vikatilanteissa.
- liettyminen on satama-alueella usein voimakkaampaa kuin ulompana väylällä
- risteävää väylästä voi olla runsaasti
- hinaajien käyttö satama-alueella yleistä
- alueella runsaasti valoja, jotka voivat häiritä turvalaitevalojen havaitsemista

Kääntöaltaat

Kääntöaltaan mitoitukseen vaikuttaa oleellisesti, kääntyykö alus vapaasti omin avuin vai jotenkin tuettuna tai avustettuna. Lisäksi tarvittavaan tilaan vaikuttaa alueen suojaisuus (tuuli-, aallokko- ja virtausolosuhteet), lastin vaarallisuus ja lähellä olevat kriittiset rakenteet.

Ohjeellisina minimiarvoina kääntöaltaiden mitoituksessa käytetään (/5/ , /1/):

- 1,1–1,2 L, kun laiva käännetään hinaajan avulla keula kiinni laiturissa tai tihtaalissa
- 1,5–2,0 L, kun laiva käännetään hinaajan avulla vapaassa tilassa
- 2,0–4,0 L, kun laiva kääntyy ilman hinaajaa vapaassa tilassa (suositusarvo 3,0 L)

Laiturialtaat

Yksipuoleisen laiturialtaan suositeltu vähimmäisleveys on $2B + 30 \dots 50$ m, kaksipuolisen laiturialtaan leveys $3B + 50 \dots 70$ m.

Jos satamassa on useampia, eri syvyisiä laiturialtaita, kaikkiin, tuloväylän kulussyvyyttä matalampiin laitureihin ei ole välttämätöntä määrittää ja vahvistaa kulussyvyyttä, vaan niissä riittää, että tiedetään laiturialtaan varmistettu vesisyvyys.

Ohitusetäisyydet

Jos väylä kulkee ohi satamalaiturin, tulee ohittavan aluksen vaikutukset laiturissa olevaan alukseen huomioida. Sekä suunnittelun että liikennesääntöjen avulla pyritään siihen, että ohittava alus ei vaikeuttaisi lastaustoimintaa tai vahingoittaisi laituri- ja fenderirakenteita. Vaikutukset laiturissa olevaan alukseen riippuvat seuraavista tekijöistä:

- ohittavan aluksen nopeudesta
- etäisyydestä ohitettavaan alukseen
- alusten koosta ja rungon muodosta
- väylän ja laiturialtaan vesisyvyydestä (pieni varavesi lisää vaikutuksia)
- alueen yleisestä topografiasta (kapea, rajoitettu vesialue lisää vaikutuksia)

Alustavassa suunnittelussa voidaan käyttää seuraavia ohjearvoja /1/:

- ohittavan aluksen nopeuden ollessa enintään 4 solmua alusten etäisyyden (kyljestä kylkeen) tulee olla vähintään 2B
- ohittavan aluksen nopeuden ollessa enintään 6 solmua alusten etäisyyden (kyljestä kylkeen) tulee olla vähintään 4B

Mahdolliset lastin vaarallisuudesta johtuvat tai muut turvallisuusvaatimukset ja turvaetäisyydet tulee huomioida erikseen em. ohjeistuksen lisäksi.

6.2 Ankkurointialueet

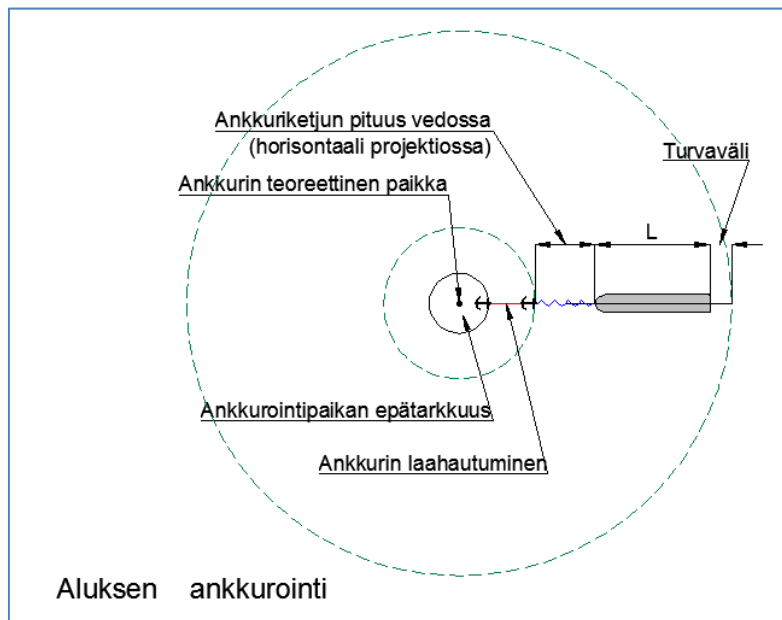
Ankkurointialueita tarvitaan mm. aluksen joutuessa eri syistä odottamaan satamaan tai laituriin pääsyä tai esim. aluksen välilastausta tai lastin kevennystä varten. Ankkurointialueet sijaitsevat tyypillisesti joko ulkona väylän ulkopäässä tai lähellä satamaa.

Ankkurointialueen suunnittelua, perustamista ja merkitsemistä koskevat ohjeet on esitetty yksityiskohtaisemmin Liikenneviraston ohjeessa ”Ankkurointialueiden suunnittelu, perustaminen ja merkitseminen” (Merenkululaitos 2007).

Ankkurointialueen suunnittelussa huomioon otettavia seikkoja:

- Alueen suunnittelussa ja mitoituksessa lähtökohtana on aluskoko ja -tyyppi, joka tyypillisesti tulee ankkurointialuetta käyttämään. Se on yleensä sama kuin väylän mitoitusalue/-alukset, mutta myös muut alukset voivat tulla kyseeseen.
- Ankkurointialueet sijoitetaan syville vesialueille, joissa vesisyvyys on vähintään väylän harausvyvyttä vastaava (suositeltava vähimmäisyvyys 1,1 T, enimmäisyvyys 3 x harausvyvyys). Aluksen nopeuspainuma on ankkurointialueella merkityksetön, mutta muut aluksen syvyysuunnassa vaikuttavat liikkeet voivat olla lähes yhtä suuret kuin väylällä. Lisäksi alusten ankkurit voivat muuttaa pohjatopografiaa nostamalla pohjatasosta ylös kiviä, lohkareita tms. Alue pyritään valitsemaan/sijoittamaan siten, ettei sillä tarvitse tehdä ruoppauksia.

- Alueen tulee olla kooltaan, muodoltaan ja sijainniltaan sellainen, että alus pysyy siihen normaalilta kulkureitiltään vaivattomasti poikkeamaan, ja että alus on ankkuroituna ollessaan kokonaan varsinaisen navigointiin tarkoitetun väyläalueen ulkopuolella eikä aiheuta törmäysriskiä väylää käyttävän liikenteen kanssa.
- Nyrkkisääntönä on, että vedessä olevan ankkuriketjun pituuden tulisi olla viisi kertaa vesisyvyys riittävän vaakavoiman saavuttamiseksi. Liikkumissäde R_A vaapaasti kelluvalle keulasta ankkuroidulle alukselle voidaan karkeasti määrittää kaavalla:
$$R_A = L_{0a} + 5h + e + d, \text{ jossa}$$
$$h = \text{vesisyvyys}$$
$$e = \text{ankkurin siirtymä pohjassa (riippuu pohjan laadusta)}$$
$$d = \text{turvaväli}$$



Kuva 6.1 Ankkuroidun aluksen tarvitseman liikkumistilan määrittäminen /4./

- Ankkurointialue sijoitetaan siten, että sen poikki ei kulje muita laivaväyliä. Sisäsaaristossa ja satamien edustoilla ei voida kuitenkaan kokonaan välttyä siltä, että etenkin matalaväyliä voidaan joutua viemään myös ankkurointialueen poikki.
- Alue voidaan merkitä maastoon tarpeen mukaan. Merkintä tulee kyseeseen lähinnä tapauksissa, joissa ankkurointialue rajoittuu lähellä oleviin mataliin. Reunamerkinnessä käytetään ensisijaisesti kardinaalijärjestelmän mukaisia merkkejä. Erikoismerkkejä voidaan käyttää vain poikkeustapauksissa (esim. silloin, jos ankkurointialue on väyläsyvyttä matalampi).
- Alueen tulisi mahdollisuuksien mukaan sijaita siten, etteivät siinä ankkuroituna olevat alukset peitä turvalaitteiden valosektoreita tms. navigoinnin kannalta tärkeitä kohteita.
- Pohjan laatu ja topografia: suhteellisen kova ja tasainen pohja on parempi kuin jyrkkäpiirteinen, louhikkoinen tai hyvin pehmeä pohja.

- Alueella ei saa olla vedenalaisia kaapeleita tai putkijohtoja.
- Alueen suojaisuus on eduksi, ja se on hyvä ottaa mahdollisuuksien mukaan huomioon, erityisesti tapauksissa, joissa ankkuripaikkaa käytetään myös lastinkevennyspaikkana.
- Alueen mahdolliset muut käyttötarpeet tai rajoitukset (mm. puolustusvoimien tarpeet, läjitysalueet, kalastus).

Edellä esitettyjä periaatteita voidaan soveltaa myös sellaisten väyläalueeseen kuuluvien levennysalueiden suunnittelussa, joita ei merkitä ankkurointialueiksi, samoin kuin myös kartoille merkittyjen nk. suositeltujen ankkuripaikkojen määrittämisessä.

6.3 Väylän levennysalueet

Väylän varteen, varsinkin pidemmillä ja kapeilla väylillä pyritään suunnittelemaan levennysalueita, joita voidaan käyttää mm. alusten ohittamiseen, odottamiseen, takaisin kääntymiseen ja tilapäiseen ankkurointiin. Varsinaisiin ankkurointialueisiin nähden niiden koko jää yleensä pienemmäksi, niin että levennysalue itsessään ei välttämättä täytä ankkurointialueen mitoituskriteereitä. Lähtökohtaisesti alueiden syvyys vastaa väylän kulkusyvyyttä ja harausvyyttä (vesisyvyys vähintään 1,1 T). Levennysalueet suunnitellaan täyssyville vesialueille, ja merkitään tarpeen mukaan kardinaalimerkeillä.

Levennysalueiden tarpeen arviointiin vaikuttaa väylän liikennekuva (liikenteen määrä ja tyyppi), väylän ja varsinkin sen yksikaistaisen väyläosuusien pituus sekä väylänkäyttäjiltä saatu palaute levennysalueiden tarpeellisuudesta.

6.4 Sillat ja muut risteämät

Silta-aukon tulee sijaita suoralla väylälinjaosuudella, ja mahdollisuuksin mukaan etäisyyden lähimpään käännöksen tulisi olla niin suuri, että alus ehtii käännöksen ja sitä seuraavien mahdollisten korjausliikkeiden jälkeen palautumaan tarkasti väylälinjalle ennen silta-aukkoa.

Silta-aukon leveyden määrittämisessä noudatetaan seuraavia periaatteita:

- Silta-aukon kohdalla väylä tehdään yksikaistaiseksi. Silta aukon vapaa leveys määritetään samoin kriteerein kuin yksikaistaisen väylän tai kanavan leveys vastaavissa olosuhteissa. Suojaisessa paikassa voidaan minimiaukkoleveydeksi sallia 2 x alusleveys ilman laivajohteita. Sillan ja maaliikenteen turvallisuus saattaa kuitenkin vaatia törmäyssuojien rakentamista laiva-aukon viereisiin virtapilareihin sillan ja aluksen vaurioitumisen ehkäisemiseksi.
- Mikäli sillan vapaa aukko jää kapeammaksi kuin mitä yksikaistaisen väylän väyläleveys edellyttäisi, on silta-aukko varustettava laivajohteilla. Johteiden vapaan välin tulisi olla vähintään 1,5 x alusleveys. Mitä enemmän aukkoleveyttä on kavennettu väyläleveyteen nähden, sitä pidemmälle tulee johteiden yleensä ulottua myös sillan lähestymissuppilossa.
- Uittoväylillä suosituksena on vähintään 50 m aukkoleveys, mikä mahdollistaa 10-jonoisen nippulautan uittamisen silta-aukosta.

Siltapaikat sijaitsevat usein kapeikoissa, joissa voi esiintyä normaalia voimakkaampia, aluksen käyttäytymisen vaikuttavia virtauksia, mikä on myös väylän geometrian ja silta-aukon mitoituksessa syytä ottaa huomioon. Kriittisissä ja virtausolosuhteitaan komplisoiduissa paikoissa virtausmittausten ohella virtauksia ja niiden vaikutuksia voi olla tarpeen selvittää erikseen mallikokeiden tai numeeristen virtausmallien avulla.

Sillalle ilmoitettu alikulkukorkeus on pääsääntöisesti voimassa silta-aukon kohdalla olevan väylän koko leveydellä (koko vapaan aukon leveydellä). Vaikutusalue merkitään tarvittaessa siltarakenteisiin apumerkeillä. Tietyissä tilanteissa vaikutusalue voidaan rajata myös väyläleveyttä kapeammalle osalle (esim. kaarisilloissa keskelle aukkoa voidaan merkitä suurempi alikulkukorkeus kuin reunoille).

Mitoituskriteerit tulevat sovellettaviksi suunniteltaessa väylää olemassa olevaan silta-aukkoon tai suunniteltaessa siltaa kohtaan, jossa se risteää olemassa olevaa väylää.

Väylien risteämät tulisi mahdollisuuksien mukaan suunnitella kohtiin, joissa näkyvyys on hyvä, ja jossa täyssyvää vesialuetta on mahdollisimman laajasti käytettävissä mahdollisten väistöliikkeiden tekemiseksi tai nopeuden alentamisesta seuraavan aluksen ohjailtavuuden heikkenemisen kompensoimiseksi. Käytännössä mahdollisuudet risteämäkohtien paikan valitsemiseen ovat usein melko rajalliset.

Alikulkukorkeuksia on käsitelty tarkemmin PIANCin ohjeessa /1/ kohdassa 2.2. Liikenneviraston suositukset silta-aukkojen mitoista ja ilmajohtojen alikulkukorkeuksista on esitetty Liikenneviraston ohjeissa Suositukset vesistösiltojen aukkomitoista /17/ ja Suositukset ilmajohtojen alikulkukorkeuksista/18/.

7 Erityisselvitykset

Väylänsuunnittelun apuvälineenä ja mitoituksen tukena voidaan käyttää erilaisia apukeinoja suunnitelman toimivuuden varmistamiseksi ja vaihtoehtojen vertailemiseksi. Useissa tapauksissa ne ovat tulevat ajankohtaisiksi nimenomaan tarkentavan mitoituksen yhteydessä. Joissain tapauksissa ne on tarpeellista ottaa käyttöön jo alustavasta suunnittelusta alkaen (esim. simulaattorikokeet).

7.1 Simulaattorikokeet

Simulaattorikokeet soveltuvat väylänsuunnittelun apuvälineenä mm. seuraavien seikkojen testaamiseen:

- eri linjausvaihtoehtojen (väylän linjauksen ja geometrian) testaaminen
- kriittisten väyläkohtien mitoitus (kapeikot, hankalat mutkat, silta-aukot)
- väylämerkintä: vaihtoehtojen merkintäsuunnitelmien testaus, merkkien määrä ja sijoittelu, merkinnän toimivuus pimeällä
- tutkanavigointi (tutkamaalien sijoittelu ja toimivuus)
- satamaoperoinnit
- hinaajien käyttö
- olosuhdetekijöiden vaikutus, säärajoitukset, käyttösuositusten määrittäminen (mm. tuuli, alusnopeus)

Suunnitteluprosessin alkuvaiheessa simulaattori soveltuu hyvin erilaisten vaihtoehtojen toimivuuden keskinäiseen vertailuun. Suunnittelun edetessä kokeet painottuvat yksityiskohtien testaamiseen ja hiomiseen sekä väylän tulevaa käyttöä palvelevien mahdollisten reunaehtojen määrittämiseen. Suunnitteluun rakennettu malli palvelee viimeisimmässä vaiheessaan jo väylän tulevan käytön harjoittelumallina.

Penkkojen reunavaikutukset, matalanveden vaikutukset ym. pohjan muodoista aiheutuvat hydrodynaamiset vaikutukset aluksen ohjailtavuuteen saadaan simulaattoriin mallinnettua. Tulokset antavat tukea tarvittavan väylälevyyden määrittämiseen, mutta varaveden mitoitukseen ne eivät suoraan sovellu.

Aluksen vertikaaliliikkeitä ei simulaattorikokeilla voida mitoituksen kannalta riittävän tarkasti mallintaa ja testata, mutta simulaattorikokeilla voidaan määrittää vähimmäisnopeudet, joita väylän eri kohdissa on käytettävä eri olosuhteissa aluksen ohjailtavuuden säilyttämiseksi, ja joita arvoja voidaan hyödyntää varavesimitoituksen yhteydessä tehtävissä squat-tarkasteluissa.

Simulaattorikokeissa käytettävien alusten tulisi vastata mahdollisimman pitkälle väyläsuunnitelman mitoitusalueita/aluksia. Tarpeen mukaan väylän toimivuutta on mahdollista testata myös nk. ylisuurella aluksella ja muilla alustyypeillä.

Rakennetun mallin kuten myös käytettävien mallialusten toimivuus ja oikeellisuus on syytä tarkistaa ammattimerenkulkijan toimesta (mieluiten sellaisen, jolla on käytännön kokemusta ko. väylästä tai sen alueelta). Myös itse testiajoissa on hyvä olla mukana alueen luotseja tai muita ammattimerenkulkijoita, ainakin vertailumielessä riippuen osin suunnitteluvaiheesta ja simulaattorikokeiden luonteesta ja tavoitteista.

Väyläsimulointiin on kehitetty neljä erilaista simulaattorityyppiä yksinkertaisesta toimintaympäristöstä mahdollisimman hyvin todellisia olosuhteita vastaavaan ympäristöön. Eri simulointimenetelmissä käytetään periaatteessa samoja simulointiohjelmistoja, matemaattisia alusmalleja sekä maastomalleja, joten siirtyminen yksinkertaisesta simuloinnista vaativampaan (ja samalla edullisimmasta kalliimpaan) voidaan tarvittaessa toteuttaa laajentamalla ja tarkentamalla mallia sekä lisäämällä instrumentointia.

Fast-time simulation on kaksidimensionaalinen, nopeutettu simulointimalli, jossa käyttäjä ei voi olla simuloinnin aikana suorassa vuorovaikutuksessa simulointiin, vaan kaikki tarvittavat lähtötiedot ohjelmoidaan ennakoon (suoritetaan autopilot-ajoina).

Simulointimalli sopii parhaiten suunnitteluvaiheeseen, jossa on tarpeen nopeasti ja runsailla toistoilla selvittää esimerkiksi väylän geometriaa ja tarvittavaa leveyttä eri väylävaihtoehtoisissa ja erilaisissa tuuli- ym. olosuhteissa sekä mahdollisten olosuhderajoitusten alustavassa määrittämisessä.

Real-time desk-top simulation on pc-pohjainen hiirellä ohjattava simulointimalli, jossa käyttäjä voi simuloinnin aikana vaikuttaa toimillaan laivan ohjailuun. Komentosiltanäkymä saadaan aikaan joko monitorin tai projektorin avulla.

Simulointimallilla voidaan eri suunnitteluvaiheissa tutkia joustavasti mm. turvalaitteiden sijoittelua ja toimivuutta väylänavigoinnissa.

Part-task simulation on simulointimalli, jossa mallin tiettyjä ominaisuuksia ja toimintoja on mallinnettu yksityiskohtaisesti ja siten saatu simulointiin enemmän todellisuudentuntua nimenomaan haluttujen asioiden selvittämiseen.

Simulointimalli sopii sekä kokonaisuuksien että varsinkin yksilöityjen asioiden tarkasteluun (mm. hinaajien käyttö, satamaoperaatiot).

Full-mission simulation on kokonaisvaltainen simulointimalli, jossa malli, toimintaympäristö sekä käyttäjän ja koneen vuorovaikutus ovat niin lähellä todellisuutta kuin mahdollista.

Simulointimallia käytetään enemmän luotsien koulutukseen ja väylän käytön harjoitteluun kuin varsinaiseen väyläsuunnitteluun, mutta malli voi olla tietyissä tilanteissa myös tarpeen sen osoittamiseksi että suunniteltu väyläkokonaisuus on toimiva ja turvallinen niillä toimenpiteillä ja mahdollisilla rajoituksilla, joita suunnitelmassa esitetään.

7.2 Numeeriset mallit ja mallikokeet

Tietyissä tilanteissa ulkoisten olosuhteiden riittävän tarkka mallintaminen simulaattorimalliin ei ole mahdollista tai muuten tarkoituksenmukaista, jolloin mahdollisuudeksi jää erillisen mallin rakentaminen, joko fyysisenä pienoismallina tai numeerisena mallina.

Tyypillisiä mallikohteita ovat esim. satama-altaat, kanavat, geometrialtaan ja pohja-topografialtaan hankalat väyläkapeikot sekä siltapaikat. Mallintamisella selvitetään mm. kohteen aallokko-, virtaus- (sekä luonnon virtaukset että aluksen aiheuttamat virtaukset) ja tuuliolosuhteita, niiden vaikutusta aluksen käyttäytymiseen sekä tutkit-tavan kohteen navigoitavuutta erilaisissa olosuhteissa. Myös talviliikenteen ongelmia ja hinaajan käyttöä voidaan selvittää.

Joissain tapauksissa mallien rakentaminen saattaa liittyä ympäristövaikutusten arviointiin (esim. sedimenttien kulkeutumisen tai alueen virtausolosuhteiden muuttumisen selvittäminen). Näissä tapauksissa voidaan harkita, olisiko mallia (mahdollisesti joiltain osin laajennettuna) mahdollista ja tarvetta hyödyntää myös väyläsuunnittelussa. Malleista saatuja tarkempia virtaus- tuuli ym. mittaustietoja voidaan mahdollisesti mallintaa myös simulaattoriin, ja sitä kautta saada simulaattorimallia tarkemmaksi.

Mallikokeissa käytettävien mallien rakentaminen on varsin suuritöistä ja kallista, minkä lisäksi sopivien mallikokeissa tarvittavien tilojen puute Suomessa rajoittaa mallikokeiden tekemistä. Suuntaus on viime aikoina ollutkin enemmän numeeristen mallien rakentamiseen.

7.3 Väylän käyttösuositukset ja -rajoitukset

Normaalitilanteessa väylä suunnitellaan käytettäväksi nk. normaalivaikeissa olosuhteissa (ääriolosuhteet rajattu ulkopuolelle), ja mitoitusaluksen katsotaan edustavan alustyyppinsä osalta navigoitavuudeltaan normaalia alusta.

Joissain tilanteissa voi olla tarpeen jo suunnitteluvaiheessa määritellä tarkemmin niitä reunaehtoja, joiden puitteissa väylää on turvallista käyttää, ja joiden puitteissa väylä täyttää sille asetetut suunnittelukriteerit. Reunaehdot voivat koskea alusta ja sen käyttöä tai ulkoisia olosuhteita.

Reunaehtojen asettaminen voi johtua mm. siitä, että korkeiden toteutuskustannusten (suhteessa hankkeen kannattavuuteen) vuoksi väylän mitoituksessa joudutaan käyttämään osin normaalimitoitusta pienempiä minimiarvoja, tai että tietyn mitoitusaluksen käyttö väylällä on määrällisesti niin vähäistä ja ajankohta väljästi säädettävissä, että tässä suhteessa väylää ei ole välttämättä tarvetta suunnitella 'joka sään' väyläksi. Saattaa myös olla tarvetta määritellä, millaisia käyttösuosituksia ja -rajoituksia navigoitavuudeltaan mitoitusalusta selkeästi huonommille aluksille on mahdollisesti tarpeen asettaa.

Väylälle asetettavat nopeusrajoitukset voivat olla kaikkia aluksia koskevia yleisiä vesiliikennelain nojalla asetettuja nopeusrajoituksia tai vain esim. tiettyä alustyyppiä tai kokoa koskevia suosituksia. Nopeuden rajoittaminen voi olla tarpeen joko varaveden riittävyyden varmistamiseksi (squat) tai ympäristösyitä (aluksen aiheuttama aallokko ja virtaukset). Sallitun nopeuden tulee kuitenkin olla aluksen ohjailtavuuden kannalta riittävän suuri. Pitkille väyläosuuksille asetetut rajoitukset voivat myös pidentää aluksen matka-aikaa vaikuttavassa määrin.

Olosuhderajoitukset koskevat ensisijaisesti tuulta, joissain tapauksessa myös näkyvyyttä (tai näiden yhdistelmää). Yleensä kauppamerenkulun väylän merkintä suunnitellaan siten, että väylä on käytettävissä kaikissa näkyvyysolosuhteissa esim. tutkanavigointia käyttäen. Aallokko ja virtaukset eivät meidän oloissamme ole siinä määrin merkittäviä, että ne aiheuttaisivat suunnitteluvaiheessa huomioon otettavia liikennerajoituksia. Mahdollisia jääolosuhteista aiheutuvia rajoituksia ei niitäkään ole yleensä mahdollista tai tarvetta määrittää vielä väylän suunnittelun yhteydessä.

Väylän mahdollisten käyttösuositusten ja -rajoitusten alustava määrittely suunnitteluvaiheessa perustuu pitkälti simulaattorikokeiden tuloksiin. Varsinkin autopilottiajoina tehtävillä fast time -simuloinneilla saadaan tehtyä kohtuullisessa ajassa suuri määrä ajoja erilaisissa olosuhteissa. Olosuhteiden todennäköisyyksien ja pysyvyysarvojen määrittämisessä voidaan hyödyntää paikallisia säätilastoja.

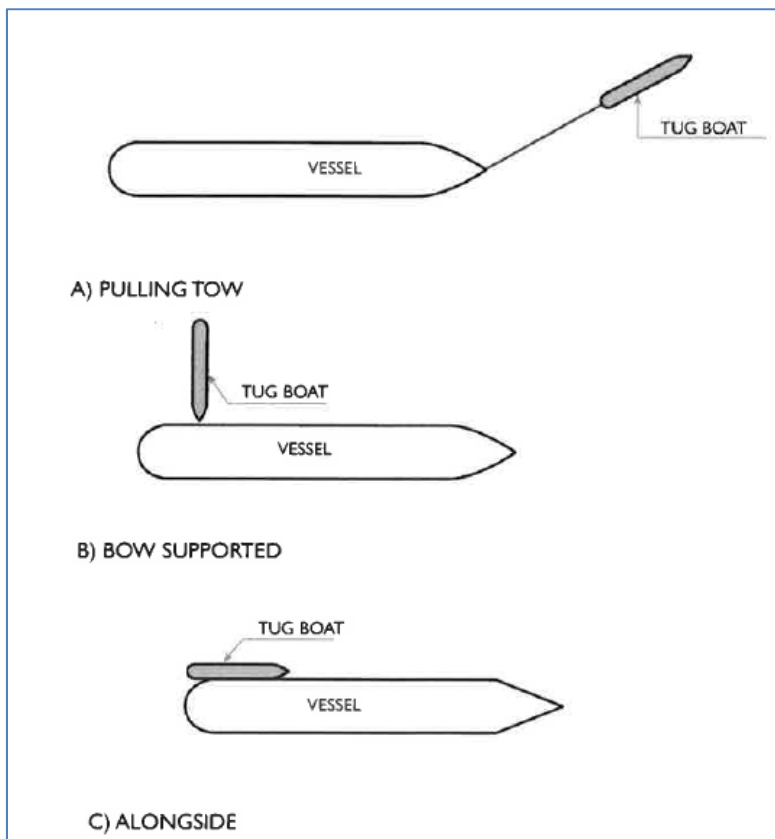
7.4 Hinaajan käyttö

Hinaajan käyttöä on periaatteessa kahdenlaista: saattohinausta ja hinaaja-avustusta. Saattohinauksessa (hinaajavarmistuksessa) alus navigoi omin avuin omaa konevoimaa käyttäen. Hinaaja ei osallistu aktiivisesti aluksen navigointiin, vaan on tarpeen vaatiessa valmis puuttumaan aluksen kulkuun (reitillä pysymisen tai kääntymisen avustaminen, nopeuden hidastamisen tai pysäyttämisen avustaminen). Hinaaja-avustuksessa hinaaja osallistuu aktiivisesti avustettavan aluksen kulkuun ja liikkeisiin. Alus liikkuu vain osaksi tai ei lankaan oman konevoimansa avulla.

Saattohinausta käytetään pääasiassa väylänavigoinnissa, eli silloin, kun esim. turvamääräyksistä johtuen aluksen väylänavigoinnin varmistamisessa tarvitsee käyttää hinaajaa. Hinaaja-avustusta käytetään pääasiassa satama-altaan operoinneissa, eli esim. aluksen kääntämisessä ja laituriin siirtymisen ja kiinnittymisen avustamisessa. Tarvittava hinaajien määrä riippuu hinaustilanteesta, olosuhteista sekä aluksen ja hinaajien koosta.

Väylän alustavassa ja perusmitoituksessa hinaajan mahdollista käyttöä ei yleensä huomioida. Mitoitus perustuu siihen, että aluksen on pystyttävä navigoimaan väylää omin avuin aluksen ohjailtavuuden kannalta riittävällä nopeudella. Jos väylän mitoitusalus joutuu esim. turvamääräyksistä johtuen käyttämään saattohinausta (mm. LNG-alukset), otetaan tämä huomioon tarkentavassa mitoituksessa, jossa yhteydessä tarkistetaan, onko tarpeellista ja voidaanko normaaleja perusmitoituksen mukaisia mitoitusarvoja muuttaa hinaajan käytön seurauksena. Hinaajan käytön vaikutuksista väylän mitoitukseen ei ole yleisiä laskennallisia kaavoja tai ohjeita käytettävissä, vaan kutakin tilannetta tulee tarkastella tapauskohtaisesti mm. simulaattorikokeiden antamia tuloksia hyödyntämällä.

Yleisesti ottaen hinaajan käyttö saattaa antaa mahdollisuuden joiltain osin pienentää väylän normaaleja mitoitusarvoja (mm. hinaajavarmistuksessa käytettävän normaalia alemman alusnopeuden seurauksena). Satama-altaassa kääntöympyrän halkaisijaa voidaan pienentää, jos kääntäminen tapahtuu hinaajan avustamana. Hinaajaoperoinnin vaatima tila on syytä ottaa ahtaissa paikoissa huomioon (hinaajan vaatima vesisyvyys huomioiden).



Kuva 7.1 Hinaajan tavallisimmat käyttötavat /4/.

7.5 Talviliikenteen huomioiminen

Lähtökohtana on, että talvimerenkulun väylien suunnittelussa sovelletaan samoja suunnitteluohjeita ja mitoituskriteereitä kuin muillakin väylillä. Perusmitoitusta tehdään näilläkin väylillä yleensä normaalin avovesikauden tilanteen mukaan. Talvimerenkulun vaikutukset ja vaatimukset tulee ottaa suunnittelun ja mitoituksen yhteydessä huomioon tapauskohtaisesti ja tarpeen mukaan, muiden suunnitteluun ja mitoitukseen vaikuttavien tekijöiden ohella.

Talvimerenkuluksi katsotaan liikenne, joka tapahtuu talviolosuhteissa silloin, kun meri on osittain tai kokonaan jässä. Osa talviliikenteestä voidaan hoitaa ilman jäänmurtaja-avustusta (jääolosuhteet helpot ja alukset jäävahvistettuja), osa hoidetaan jäänmurtajien avustamana. Jäänmurtoavustuksessa alukset avustetaan joko hinauksessa, tai alukset kulkevat omin avuin jäänmurtajan avaamassa uomassa/rännissä.

Se, että jokin väylä voidaan katsoa nk. talvimerenkulun väyläksi, edellyttää käytännössä sitä, että väylän syvyys mahdollistaa jäänmurtaja-avustuksen käytön, ja että väylän merkintä/turvallaitteet toimivat myös talviolosuhteissa. Mitoitustarkastelussa voi yhtenä mitoituslustyypinä tulla kyseeseen jäänmurtaja. Esim. väylän tarvittava syvyys voi joissain tapauksissa määräytyä jäänmurtajan tarvitseman vesisyvyyden mukaan.

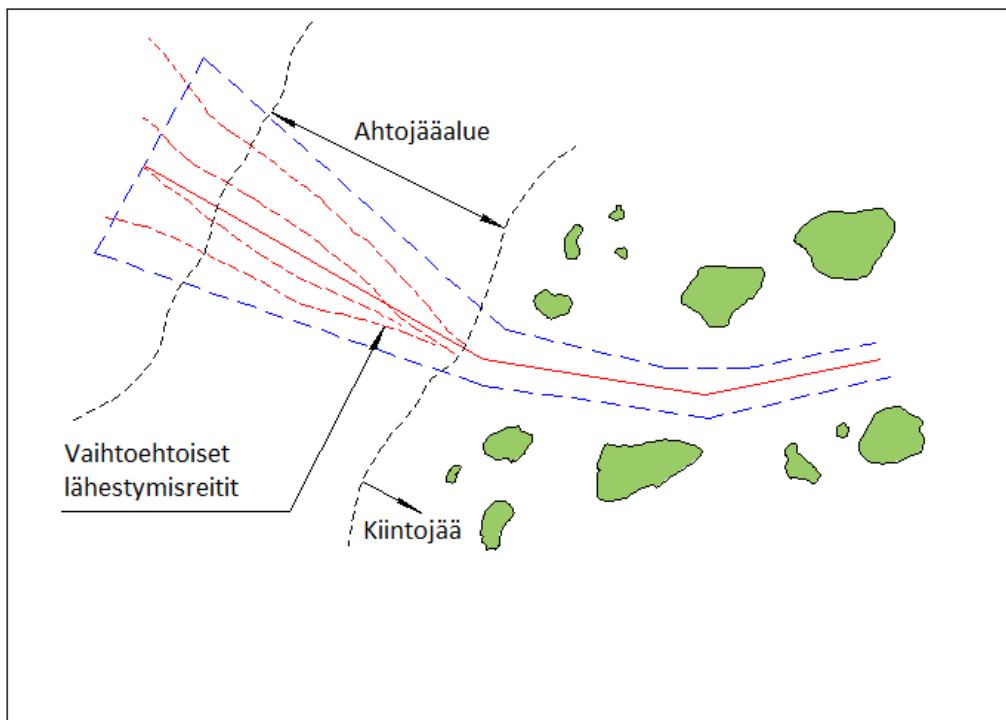
Talvimerenkulkuun käytettävää väylää suunniteltaessa huomioitavia tekijöitä:

Linjaus ja geometria

- Pyritään välttämään jääolosuhteiltaan hankalaksi todettuja alueita. Tällaisia alueita ovat etenkin liikkuvien jäiden alueet ja ahtojääalueet.
- Pyritään valitsemaan mahdollisimman suojaisa reitti.
- Kohtia, joissa jäät pääsevät ahtautumaan kapeikkoon, tulisi välttää (kohdan kiertäminen hankalaa).
- Otetaan huomioon mahdollisuus käyttää vaihtoehtoisia (rinnakkais)reittejä, mm. jäänmurtajia varten, jotta ne pääsevät kiertämään kapeikkoon juuttuneen aluksen.
- Jääolosuhteet voivat vaikeuttaa ja hidastaa aluksen kääntymistä, minkä vuoksi suuria kääntymiskulmia ja normaalimitoitussarvoja pienempiä kaarresäteitä tulee jääolosuhteiltaan vaikeissa väyläkohdissa välttää.

Väyläleveys

- Määräytyy ensisijaisesti mitoitusaluksen ja yleisten väyläleveyden mitoituskriteereiden mukaan. Mahdolliset talviolosuhteista aiheutuvat lisätekijät arvioidaan erikseen.
- Avoimella ulko-osalla, liikkuvien jäiden ja ahtautumien alueella väyläleveyttä tulee olla mahdollisimman reilusti, jotta olisi mahdollista valita jäätilanteen mukaan vaihtoehtoisia kulku-uria helpoimmista kohdista pahimpien ahtaumien kiertämiseksi (kuva 7.2).
- Jääolosuhteiltaan pahoissa paikoissa väyläleveyttä tulisi olla niin paljon, että murtaja pääsee kulkemaan aluksen sivuitse sen ohi (leikkaamaan aluksen irti).
- 1-kaistaiseksi suunnitelluille väylille tulee pyrkiä suunnittelemaan riittävästi levennysalueita alusten ohittamista ja kohtaamista varten. Mahdollisuuksien mukaan tulee väylä suunnitella väljemmillä vesialueilla leveydeltään 2-kaistaiseksi.
- Väyläalueen ulkopuolella on hyvä olla jäänmurtajille varmistettua aluetta jäänmurtajan operointia varten (mm. kääntyminen väylällä, avustettavien alusten kiertäminen).



Kuva 7.2 Vaihtoehtoisia lähestymisreittejä ulkopään ahtojäävyöhykkeellä.

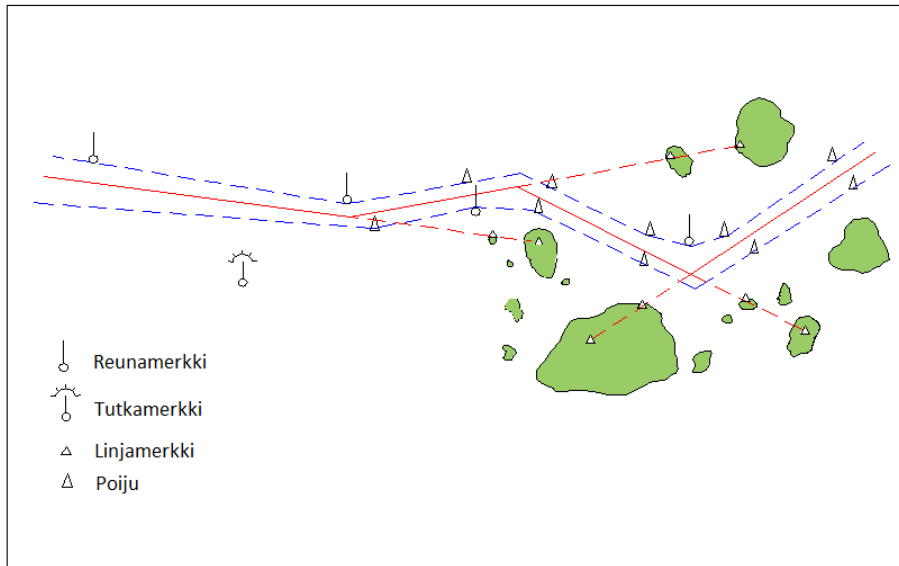
Väylän syvyys, varavesi

- Määräytyy ensisijaisesti mitoitusaluksen mukaan.
- Jos väylän liikenteelle (mitoitusalukselle) suunniteltu kulkusyvyys on lähellä jäänmurtajien syvyyttä, on jäänmurtajien tarvitsema varavesi otettava mitoitustarkastelussa huomioon.
- Jos väylän kulkusyvyys määräytyy ensisijaisesti jäänmurtajien perusteella, on jäänmurtajien varavesitarkastelu määräävänä.
- Jäänmurtajien varavesitarkastelussa huomioitava erilainen painumakäyttäytyminen kuin konventionaalisilla kauppa-aluksilla: rungon muoto erilainen, leveys/pituus-suhde suuri, viippaus (trimmikulma) normaalia suurempi (suuret tehonkäytön vaihtelut, hinaus).
- Syvillä väylillä, jääolosuhteiltaan hankalissa ruopatuissa kapeikoissa olisi hyvä, jos väylän ulkopuolelle jää vapaata aluetta jäänmurtajien tarvitsemassa syvyydessä.
- Talviliikenteen ja jäänmurtajien mahdollisesti tarvitsemien ja käyttämien kierto/varaväylien syvyys tulee olla riittävä jäänmurtajille.

Väylän merkintä

- Väylämerkinnän perusfilosofia on periaatteessa sama kaikilla väylillä (linjamerkintä, reunamerkintä).
- Talviolosuhteet ja talviliikenne asettavat erityisvaatimuksia merkkien paikallaan pysymiselle, näkyvyydelle ja toimivuudelle. Erityisesti liikkuvien jäiden alueella tulee olla riittävästi kiinteitä merkkejä (reunamerkit, tutkamerkit, linjamerkit).
- Merkintää suunniteltaessa on otettava huomioon tutkan käyttö jääolosuhteissa.

- Myös muualla kuin liikkuvien jäiden alueella poijut tai viitat voivat siirtyä jäiden vaikutuksesta tai olla näkymättömissä, mistä syystä talviväylällä tulee merkinnän olla kauttaaltaan sellainen, että voidaan tarvittaessa tukeutua vain kiinteään merkintään.
- Käytetään kelluvina merkkeinä kevyiden viittojen sijasta jään rasitusta paremmin kestäviä jääpoijuja/poijuviittoja.
- Yksittäisen turvalaitteen suunnittelussa ja mitoituksessa huomioitava:
 - o perustuksen kestävyys (kiinteät turvalaitteet)
 - o ankkuroinnin kestävyys (kelluvat turvalaitteet)
 - o rakenteen kestävyys
 - o laitteiden kestävyys (jään rasitus, värinät, nykyinen LED-tekniikka kestävämpää)
 - o energialähteiden toimivuus talviolosuhteissa
 - o huolto-ominaisuudet talviolosuhteissa



Kuva 7.3 Tyypillinen talviväylän merkintä

Satama-allas

- Jää ja sohjo vaikeuttavat alusten operointia, mistä syystä kääntöaltaan on hyvä olla minimimittoja suurempi.
- Satama-alueella hyvä jäädä riittävästi vapaata tilaa/vesialuetta satama- ja laituri-alueiden ulkopuolella (jäiden kasaantumista varten).
- Selvitettävä jäänmurtajien operointitarve ja -mahdollisuudet satamassa. Satama-alueen jäänmurroksessa käytetään yleensä satamahinaajia tai satamamurtajia.
- Satamarakenteiden (mm. aallonmurtajien) suunnittelussa (layout, rakenne) huomioitava niiden mahdolliset vaikutukset jäiden liikkumiseen ja kasautumiseen sekä rakenteiden kestävyys.

Olosuhdetiedot

Talviväylää suunniteltaessa tulee lähtötietoina selvittää alueen jää- ja talviliikenneolosuhteet. Tietoa on saatavissa mm. seuraavista lähteistä:

- jääkartat
- tilastolliset yhteenvedot (Ilmatieteen laitos)
- jäänmurtajien kokemukset ja näkemykset
- alueen luotsien kokemukset ja näkemykset
- alueella liikennöivien alusten ja varustamoiden kokemukset ja näkemykset
- satamien kokemukset ja näkemykset.

Joissain tapauksissa ja joiltain osin jääolosuhteiden vaikutusta aluksen käyttäytymiseen ja väylän navigoitavuuteen voidaan selvittää myös mallikokeilla ja simulaattorilla (jääoloihin kehitettyjä simulointimalleja rajoitetusti).

Luotsaus

- Luotsipaikan sijoittaminen siten, että luotsin ottaminen ja jättäminen ja luotsin pääsy luotsipaikalle olisi mahdollista myös talviliikenteessä.

Talviolosuhteiden ja talviliikenteen vaikutukset väylän tutkimuksiin, rakentamiseen ja ylläpitoon tulee myös ottaa huomioon, koska niillä voi olla vaikutusta hankkeen aikatauluihin sekä väylän toteutus- ja ylläpitokustannuksiin.

7.6 Riskianalyysit

Riskienhallinta ja riskianalyysit ovat keino hallita hankkeen toteutukseen ja väylän tulevaan käyttöön liittyviä riskejä. Riskit voivat liittyä teknisiin, taloudellisiin tai ympäristöön ja turvallisuuteen liittyviin kysymyksiin. Riskien todennäköisyys vaikuttavuus (vaikutuksen merkittävyys) vaihtelee hankkeesta riippuen tapauskohtaisesti.

Liikenneviraston vesiväylähankkeissa sovellettava riskimalli koskee koko hankkeen toteutusta. Väyläsuunnittelu ja siinä tehtävät ratkaisut vaikuttavat hankkeen toteutuksen kannalta tarkasteltuna mm. hankkeen työmääriin, kustannuksiin ja aikatauluihin.

Riskien arviointi nimenomaan väyläsuunnittelun näkökulmasta (mm. mitoituksen riittävyys, väylägeometrian ja väylämerkinnän toimivuuden, ja väylän käytettävyyden osalta) jää normaalissa hankkeen riskiarvioinnissa vähemmälle painoarvolle. Näitä kysymyksiä voidaan tarvittaessa tarkastella erillisellä syventävällä väyläsuunnittelman riskianalyysillä, jossa väylän toimivuutta tarkastellaan ottamalla huomioon tuleva liikennekuva ja käyttöolosuhteet. Simulaattorikokeet ovat tässä yhteydessä keskeinen apuväline väylän käytettävyyden ja riskitasoon vaikuttavien mahdollisten käyttörajoitusten ja -suositusten määrittämisessä.

Silloin kun riskiarvioinnin tuloksena saadaan tietty riskin todennäköisyyttä kuvaava numeerinen lukuarvo, sen tulkitseminen, mikä on kussakin tilanteessa hyväksyttäväksi katsottava riskitaso (lukuarvo), saattaa esim. päätöstenteon kannalta osoittautua jossain määrin tulkinnanvaraiseksi ja ongelmalliseksi. Valmiiksi määriteltynä, hyväksyttävissä olevia numeerisia riskitasoja ei ole käytössä, vaan kutakin tilannetta tulee arvioida tapauskohtaisesti. Vaihtoehtojen vertailussa tilanne on tältä osin selkeämpi,

koska kyse on silloin enemmän suhteellisista eroista kuin absoluuttisista lukuarvoista. Tosin tällöinkin on huomioitava, että suuretkaan suhteelliset erot eivät välttämättä ole merkittäviä, jos riskitasot ovat lähtökohtaisesti hyvin alhaisia.

Hyväksyttävään riskitasoon vaikuttaa oleellisesti myös sen vaikutusten merkittävyys. Riskeille, joiden vaikutus on vähäinen, voidaan sallia huomattavasti korkeampi riskitaso kuin riskeille, joiden vaikutus on merkittävä.

Symboliluettelo

Yksikkö

<i>TEU</i>	-	Twenty-foot Equivalent Unit, lastiyksikkö 20 jalan kontti
<i>CEU</i>	-	Car Equivalent Unit (10 m ² = 4,2 m x 2,38 m)
<i>GT</i>	-	Aluksen kokonaisvetoisuus
<i>DWT</i>	t	Aluksen kuollutpaino
<i>Loa</i>	m	Aluksen suurin pituus
<i>Lpp</i>	m	Aluksen perpedikkelipituus
<i>LW</i>	m	Aluksen vesilinjan pituus
<i>B, (b)</i>	m	Aluksen leveys
<i>T</i>	m	Aluksen syväys
<i>Δm</i>	kg tai t	Aluksen paino
<i>∇</i>	m ³	Aluksen uppuoma
<i>Cb</i>	-	Aluksen uppouman täyteläisyyskerroin
<i>CVP</i>	-	Aluksen prismaattinen täyteläisyyskerroin
<i>CWP</i>	-	Aluksen vesilinjan täyteläisyyskerroin
<i>v</i>	m/s	Aluksen nopeus
<i>W</i>	m	Väylän leveys
<i>WDD</i>	m	Sorron aiheuttama väylän leveneminen
<i>h</i>	m	Vesisyvyys
<i>g</i>	m/s ²	Maan painovoiman aiheuttama kiihtyvyys= 9,81
<i>Smax</i>	m	Suurin nopeuspainuma (Squat)
<i>ψ</i>	aste	Kurssimuutos
<i>δR</i>	aste	Peräsinkulma
<i>β</i>	aste	Sorto
<i>Φ</i>	aste	Aluksen kallistuma

Lähdeluettelo

1. PIANC (2014): "Harbour Approach Channels design Guidelines" PIANC Report Nr 121
2. PIANC (1997): "Approach Channels: A Guide for Design". Final Report of the Joint PIANC-IAPH Working Group II-30 in cooperation with IMPA and IALA, Supplement to Bulletin 95, Brussels, June
3. PIANC (1995): "Approach Channels: Preliminary Guidelines" - First Report of the Joint PIANC-IAPH Working Group II-30 in cooperation with IMPA and IALA, Supplement to Bulletin 87, Brussels, April.
4. ROM (Puerto Del Estado) (2007): "Recommendations for Designing the Maritime Configuration of Ports, Approach Channels and Harbour Basins." ROM 3.1-99. Spain: CEDEX.
5. RIL (2006): Liikenne ja väylät II RIL 165-2, Helsinki
6. Statens skeppsprovsningsanstalt: AComparative Simulator Study of Alternative Fairway marking Systems. Göteborg 1975.
7. PIANC, 2 nd international Oil Tankers Commission, Working Group 2, 1973: Optimal Dimensions and Layouts of Approaches for Large Tankers. PIANC Bulletin no 16, Vol. III/1973.
8. Netherlands Ship Research centre TNO: Simulation of the steering- and manoeuvring characteristics of second generation container ship. G.M.A. Brummer, C.B. van de Voorde, W.R. van Wijk and C.C. Glansdorp, 1972.

Liikenneviraston ohjeita

9. Liikenneviraston vesiväyläluokitus (Dnro 1280/090/2013, 19.3.2013)
10. Vesiväyliin liittyviä käsitteitä (Dnro 4956/1021/2011, 31.10.2011)
11. Vesiväylien turvalaitemääritelmät (Dnro 3256/090/2014, 1.7.2014)
12. Väylien kulkusyvyysskäytännön periaatteet ja soveltaminen (Dnro 4955/1021/2011)
13. Ankkurointialueiden suunnittelu, perustaminen ja merkitseminen (Merenkululaitoksen sisäisiä julkaisuja 8/2007)
14. Vesiväyläsuunnitelmat: kokonaisuudet ja sisällönhallinta (Merenkululaitoksen julkaisuja 5/2009)
15. Vesiväyläsuunnitelmien piirustusohje (Liikenneviraston ohjeita12/2010)
16. Vuorovaikutus vesiväylähankkeissa (Dnro 485/070/2012, 13.2.2012)
17. Suositukset vesistösiltojen aukkomitoista (Merenkululaitoksen julkaisuja 12/2005)
18. Suositukset ilmajohtojen alikulkukorkeuksista (Merenkululaitoksen julkaisuja 4/2006)
19. Vesiväylien linjalaskennan perusteet (Liikenneviraston oppaita 2/2012)

The flowchart illustrates the process of road planning and construction in Finland, starting from the 'Yhteiskunta Elinkeinoelämä' (Society/Economy) and 'Tarpeet Aloitteet' (Needs/Initiatives). It details the 'Väylän suunnittelu ja mitoitus' (Road planning and design) phase, which includes 'Alustava mitoitus' (Preliminary design), 'Perusmitoitus' (Basic design), and 'Tarkentava mitoitus' (Detailed design). The process involves various stakeholders and data sources, such as 'Liikennetiedot' (Traffic data), 'Syvyystiedot/pohjatopografia' (Depth data/basic topography), and 'Olosuhdetiedot' (Environmental data). Key milestones include 'Toteutuspäätös' (Implementation decision), 'Rakennussuunnittelu' (Construction planning), 'Toteutus' (Construction), 'Käyttöönotto' (Commissioning), and 'Ylläpito' (Maintenance). The final outcome is 'Väylän käyttö' (Road use).

Tyypillisiä alusmittoja eri alustyypeille /1/

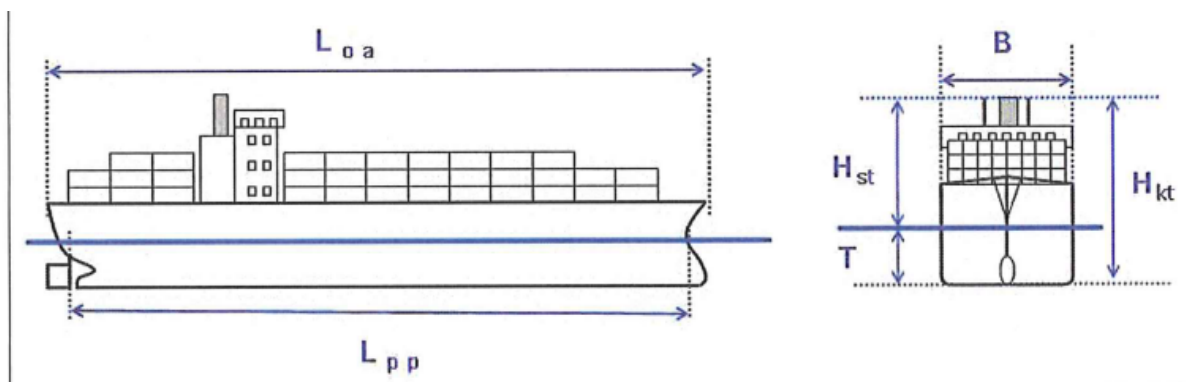


Figure C-1: Typical ship dimensions

DWT	Δ_m	L_{oa}	L_{pp}	B	T	C_b	Min. Lateral Windage: Fully Loaded	Max. Lateral Windage: In Ballast	Approx. Capacity
(t)	(t)	(m)	(m)	(m)	(m)	(-)	(m ²)	(m ²)	(m ³)

Tankers									
175,000	217,000	300.0	285.0	52.5	17.7	0.80	3,750	6,200	
150,000	186,000	285.0	270.0	49.5	16.9	0.80	3,400	5,700	
125,000	156,000	270.0	255.0	46.5	16.0	0.80	3,100	5,100	
100,000	125,000	250.0	236.0	43.0	15.1	0.80	2,750	4,500	
80,000	102,000	235.0	223.0	40.0	14.0	0.80	2,450	4,000	
70,000	90,000	225.0	213.0	38.0	13.5	0.80	2,250	3,700	
60,000	78,000	217.0	206.0	36.0	13.0	0.79	2,150	3,500	

Product and Chemical Tankers									
50,000	66,000	210.0	200.0	32.2	12.6	0.79	1,900	3,000	
40,000	54,000	200.0	190.0	30.0	11.8	0.78	1,650	2,600	
30,000	42,000	188.0	178.0	28.0	10.8	0.76	1,400	2,200	
20,000	29,000	174.0	165.0	24.5	9.8	0.71	1,100	1,800	
10,000	15,000	145.0	137.0	19.0	7.8	0.72	760	1,200	
5,000	8,000	110.0	104.0	15.0	7.0	0.71	500	800	
3,000	4,900	90.0	85.0	13.0	6.0	0.72	400	600	

Bulk Carriers /OBO's									
200,000	236,000	315.0	300.0	48.5	19.0	0.83	3,600	6,900	
150,000	179,000	290.0	276.0	44.0	17.5	0.82	3,250	5,900	
125,000	150,000	275.0	262.0	41.5	16.5	0.82	3,000	5,400	
100,000	121,000	255.0	242.0	39.0	15.3	0.82	2,700	4,800	
80,000	98,000	240.0	228.0	36.5	14.0	0.82	2,450	4,200	
60,000	74,000	220.0	210.0	33.5	12.8	0.80	2,050	3,500	
40,000	50,000	195.0	185.0	29.0	11.5	0.79	1,700	2,800	
20,000	26,000	160.0	152.0	23.5	9.3	0.76	1,400	2,300	
10,000	13,000	130.0	124.0	18.0	7.5	0.76	1,200	1,800	

Note: Dimensions given in the tables may vary up to $\pm 10\%$ depending on construction and country of origin.

<i>DWT</i>	Δ_m	L_{oa}	L_{pp}	B	T	C_b	<i>Min. Lateral Windage:</i>	<i>Max. Lateral Windage:</i>	<i>Approx.</i>
(t)	(t)	(m)	(m)	(m)	(m)	(-)	<i>Fully Loaded</i>	<i>In Ballast</i>	<i>Capacity</i>
							(m ²)	(m ²)	(m ³)/TEU/CEU

LNG Carriers (Prismatic)

125,000	175,000	345.0	333.0	55.0	12.0	0.78	8,400	9,300	267,000
97,000	141,000	315.0	303.0	50.0	12.0	0.76	7,000	7,700	218,000
90,000	120,000	298.0	285.0	46.0	11.8	0.76	6,200	6,800	177,000
80,000	100,000	280.0	268.8	43.4	11.4	0.73	6,000	6,500	140,000
52,000	58,000	247.3	231.0	34.8	9.5	0.74	4,150	4,600	75,000
27,000	40,000	207.8	196.0	29.3	9.2	0.74	2,900	3,300	40,000

LNG Carriers (Spheres, Moss)

75,000	117,000	288.0	274.0	49.0	11.5	0.74	8,300	8,800	145,000
58,000	99,000	274.0	262.0	42.0	11.3	0.78	7,550	8,000	125,000
51,000	71,000	249.5	237.0	40.0	10.6	0.69	5,650	6,000	90,000

Containerships (Panamax)

									TEU
60,000	83,000	290.0	275.0	32.2	13.2	0.69	5,300	5,500	5,000
55,000	75,500	278.0	264.0	32.2	12.8	0.68	4,900	5,100	4,500
50,000	68,000	267.0	253.0	32.2	12.5	0.65	4,500	4,700	4,000
45,000	61,000	255.0	242.0	32.2	12.2	0.63	4,150	4,300	3,500
40,000	54,000	237.0	225.0	32.2	11.7	0.62	3,750	3,900	3,000
35,000	47,500	222.0	211.0	32.2	11.1	0.61	3,550	3,700	2,600
30,000	40,500	210.0	200.0	30.0	10.7	0.62	3,350	3,500	2,200
25,000	33,500	195.0	185.0	28.5	10.1	0.61	2,900	3,000	1,800
20,000	27,000	174.0	165.0	26.2	9.2	0.66	2,400	2,500	1,500
15,000	20,000	152.0	144.0	23.7	8.5	0.67	2,000	2,100	1,100
10,000	13,500	130.0	124.0	21.2	7.3	0.69	1,800	1,900	750

Freight Ro/Ro Ships

									CEU
50,000	87,500	287.0	273.0	32.2	12.4	0.78	7,500	7,800	5,000
45,000	81,500	275.0	261.0	32.2	12.0	0.79	6,850	7,100	4,500
40,000	72,000	260.0	247.0	32.2	11.4	0.77	6,200	6,400	4,000
35,000	63,000	245.0	233.0	32.2	10.8	0.76	5,600	5,800	3,500
30,000	54,000	231.0	219.0	32.0	10.2	0.74	5,100	5,300	3,000
25,000	45,000	216.0	205.0	31.0	9.6	0.72	4,600	4,800	2,500
20,000	36,000	197.0	187.0	28.6	9.1	0.72	4,250	4,400	2,000
15,000	27,500	177.0	168.0	26.2	8.4	0.73	3,750	3,900	1,500
10,000	18,400	153.0	145.0	23.4	7.4	0.71	3,100	3,200	1,000
5,000	9,500	121.0	115.0	19.3	6.0	0.70	2,200	2,300	600

Cargo Vessels

40,000	54,500	209.0	199.0	30.0	12.5	0.71	3,250	4,500	
35,000	48,000	199.0	189.0	28.9	12.0	0.71	3,000	4,100	
30,000	41,000	188.0	179.0	27.7	11.3	0.71	2,700	3,700	
25,000	34,500	178.0	169.0	26.4	10.7	0.71	2,360	3,200	
20,000	28,000	166.0	158.0	24.8	10.0	0.70	2,100	2,800	
15,000	21,500	152.0	145.0	22.6	9.2	0.70	1,770	2,400	
10,000	14,500	133.0	127.0	19.8	8.0	0.70	1,380	1,800	
5,000	7,500	105.0	100.0	15.8	6.4	0.72	900	1,200	
2,500	4,000	85.0	80.0	13.0	5.0	0.75	620	800	

Note: Dimensions given in the tables may vary up to ±10 % depending on construction and country of origin.

<i>DWT</i>	Δ_m	L_{oa}	L_{pp}	B	T	C_b	Min. Lateral Windage: Fully Loaded (m ²)	Max. Lateral Windage: In Ballast (m ²)	Approx. Capacity CEU/Passengers
(t)	(t)	(m)	(m)	(m)	(m)	(-)			

Car Carriers									CEU
65,000	48,000	220.0	205.0	32.2	11.0	0.64	5,400	6,500	7,000
57,000	42,000	205.0	189.0	32.2	10.9	0.62	4,850	5,800	6,000
45,000	35,500	198.0	182.0	32.2	10.0	0.59	4,300	5,100	5,000
36,000	28,500	190.0	175.0	32.2	9.0	0.55	3,850	4,600	4,000

Ferries									
15,000	25,000	197.0	183.0	30.6	7.1	0.61	2,650	2,800	
12,500	21,000	187.0	174.0	28.7	6.7	0.61	2,450	2,600	
11,500	19,000	182.0	169.0	27.6	6.5	0.61	2,350	2,500	
10,200	17,000	175.0	163.0	26.5	6.3	0.61	2,200	2,300	
9,000	15,000	170.0	158.0	25.3	6.1	0.60	2,100	2,200	
8,000	13,000	164.0	152.0	24.1	5.9	0.59	1,900	2,000	
7,000	12,000	161.0	149.0	23.5	5.8	0.58	1,800	1,900	
6,500	10,500	155.0	144.0	22.7	5.6	0.56	1,700	1,800	

Cruise Liners (Post Panamax)									Passengers
105,000	56,000	294.0	272.0	35.0	8.5	0.67	10,800	11,000	2,700 / 3,500
80,000	44,000	272.0	231.0	35.0	8.0	0.66	8,800	9,000	2,000 / 2,800

Cruise Liners (Panamax)									Passengers
80,000	43,000	280.0	248.7	32.2	7.9	0.66	9,100	9,300	1,800 / 2,500
70,000	38,000	265.0	225.0	32.2	7.8	0.66	8,500	8,700	1,700 / 2,400
60,000	34,000	252.0	214.0	32.2	7.6	0.63	7,250	7,400	1,600 / 2,200
60,000	34,000	251.2	232.4	28.8	7.6	0.65	7,850	8,000	1,600 / 2,200
50,000	29,000	234.0	199.0	32.2	7.1	0.62	6,450	6,600	1,400 / 1,800
50,000	29,000	232.0	212.0	28.0	7.4	0.64	6,850	7,000	1,400 / 1,800
40,000	24,000	212.0	180.0	32.2	6.5	0.62	5,600	5,700	1,200 / 1,600

Note: Dimensions given in the tables may vary up to $\pm 10\%$ depending on construction and country of origin.

Suomalaisten jäänmurtaajien päämittoja				
<i>Nimi</i>	<i>Alue</i>	<i>L</i>	<i>B</i>	<i>T</i>
Botnica	Koko Itämeri	96,7	24	7,2/8,5
Fennica	Koko Itämeri	116	26	7/8,4
Kontio	Koko Itämeri	99	24,2	8,0
Nordica	Koko Itämeri	116	26	7/8,4
Otso	Koko Itämeri	99	24,2	8,0
Sisu	Koko Itämeri	106,6	23,8	8,3
Urho	Koko Itämeri	106,6	23,8	8,3
Voima	Suomenlahti ja Saaristom.	83,5	19,4	7,0
Ahto	Perämeren satamat	40	12,8	5,5

Suomessa liikennöivien matkustaja-autolauttojen päämittoja					
<i>Nimi</i>	<i>Reitti</i>	<i>L</i>	<i>B</i>	<i>T</i>	<i>BRT</i>
Galaxy	Turku-MH-Tukholma	212,1	29	6,4	48915
Europa	Hki-Tukholma	202	32	6,8	59914
Symphony	Hki-Tukholma-MH	203	31,5	7,1	58376
Victoria	Tukholma-MH-Tallinna	193,8	29	6,5	40975
Amorella	Turku-MH-Tukholma	169,4	27,6	6,35	34384
Cinderella	MH-Tukholma	191	29	6,74	46398
Gabriella	MH-Hki	171	27,6	6,4	35285
Mariella	Hki-Tukholma-MH	176,9	28,4	6,51	37799
Rosella	MH-Kappelskär	136,1	24,2	5,6	16850
Grace	Turku-MH-Tukholma	214	31,8	6,8	57000
Birka Paradise	MH-Tukholma	177	28	6,5	34728
Baltic Princess	Turku-MH-Tukholma	212	29	6,3	48915
Star	Hki-Tallinna	186	27,7	6,5	
Superstar	Hki-Tallinna	177	27,6	7	36400
Vikong XPRS	Hki-Tallinna	185	27,7	6,55	34000
Wasa Express	Vaasa-Uumaja	140,8	24,5	4,9	17053

Suomalaisten yhteysalusten päämittoja				
<i>Nimi</i>	<i>Alue</i>	<i>L</i>	<i>B</i>	<i>T</i>
Rosala II	Hiittinen	33,3	6,61	2,4
Karolina	Houtskari	12,55	3,48	1,2
Satava	Iniö	23,3	6,6	2,4
Fiskö	Korppoo	19,8	5,8	2,2
Nordep	Nauvo eteläinen	22,7	5,8	2,2
Falkö	Nauvo pohjoinen	33,3	6,6	2,4
Lotta II	Parainen	33,77	8,52	2,94
Kaita	Rymättylä	24,47	7,2	2,2
Pontus	Saaristomeri rask.	28,7	7,97	1,95
Eivor	Utö	39,4	9,22	3,4
Kivimo	Velkua	24,5	7,2	2,2
Otava	Kotka	35	9	2,4

Suoran väylän leveyden mitoitus

$$W = W_{nav} + 2 W$$

Yksikaistainen väylä

$$W = 2 W_{nav} + 2 W_l + W_{av}$$

Kaksikaistainen väylä

$$W_{nav} = B + W_m + W_n + W_t + W_{v1} + W_{v2} + W_a + W_e + W_p + W_s$$

W = väylän leveys

W_{nav} = navigointikaistan leveys

Muut symbolit taulukossa

Esimerkki 1

lyhyt väyläkapeikko, sorto hyvin pieni, ruopattu sileä pohja,
vesisyvyys 1,15 - 1,5 T, hyvät turvalaitteet, nopeus
alle 10 solmua, suojainen väylä

$$\begin{aligned} W &= B + 0,3 B + 0 + 0,2 B + 0 + 0 + 0 + 0,2 B + 0,1 B + 0,2 B + 2 \times 0,5 B \\ &= 3 B \end{aligned}$$

Esimerkki 2

aluksen ohjattavuus keskinkertainen, vaikeat olosuhteet
(sorto enintään 10 astetta), epätasainen pohja, vesisyvyys
1,15 - 1,5 T, hyvät turvalaitteet, nopeus alle 10 solmua

$$\begin{aligned} W &= B + 0,5 B + 0 + 0,7 B + 0 + 0 + 0 + 0,2 B + 0,2 B + 0,2 B + 2 \times 0,5 B \\ &= 3,8 B \end{aligned}$$

Esimerkki 3

kuten Esimerkki 2, mutta aluksen nopeus 15 - 16 solmua

$$\begin{aligned} W &= B + 0,5 B + 0,1 B + 0,7 B + 0 + 0 + 0 + 0,2 B + 0,2 B + 0,2 B + 2 \times 0,7 B \\ &= 4,3 B \end{aligned}$$

Esimerkki 4

kaksikaistainen väylä, muuten kuten Esimerkki 2

$$\begin{aligned} W &= 2 \times 2,8 B + 2 \times 0,5 B + 1,4 B \\ &= 8,0 B \end{aligned}$$

Squat-laskentamallien soveltuvuus ja reuna-ehdot, esimerkkilaskelmia/1/

Code ID	Configuration			Constraint							
	U	R	C	F_{nh}	C_B	S	B/T	h/T	h_T/h	L/B	L/T
Tuck (1966)	Y	Y	Y	F_{nh}^{2+}							
Huuska/Guliev (1976)	Y	Y	Y	≤ 0.7	0.6 - 0.8		2.19 - 3.5	1.1 - 2.0	0.22 - 0.81	5.5 - 8.5	16.1 - 20.2
ICORELS (1980)	Y	(Y)		≤ 0.7	0.6 - 0.8		2.19 - 3.5	1.1 - 2.0	0.22 - 0.81	5.5 - 8.5	16.1 - 20.2
Barrass3 (2004)	Y	Y	Y	V^2	0.5 - 0.85	0.1 - 0.25		1.1 - 1.4			
Eryuzlu2 (1994)	Y	Y		F_{nh}^{2+}	≥ 0.8		2.4 - 2.9	1.1 - 2.5		6.7 - 6.8	
Römissh (1989)	Y	Y	Y	V^{2+}			2.6	1.19 - 2.25		8.7	22.9
Yoshimura (1986)	Y	Y	Y	V^2	0.55 - 0.8		2.5 - 5.5	≥ 1.2		3.7 - 6.0	

Notes:

1. Y=Yes
2. Only h/T enforced for Römissh formula.
3. Only Barrass3 and Römissh predict stern squat S_s explicitly. Others predict maximum squat, whether at bow or stern.
4. V^2 : Squat a function of square of velocity
5. V^{2+} : Squat a function of more than square of velocity
6. F_{nh}^{2+} : Squat a function of more than square of F_{nh} .
7. V_{Cr} : Squat a function of critical speed V_{Cr} .
8. ICORELS sometimes used in Restricted channel although originally developed for Unrestricted.

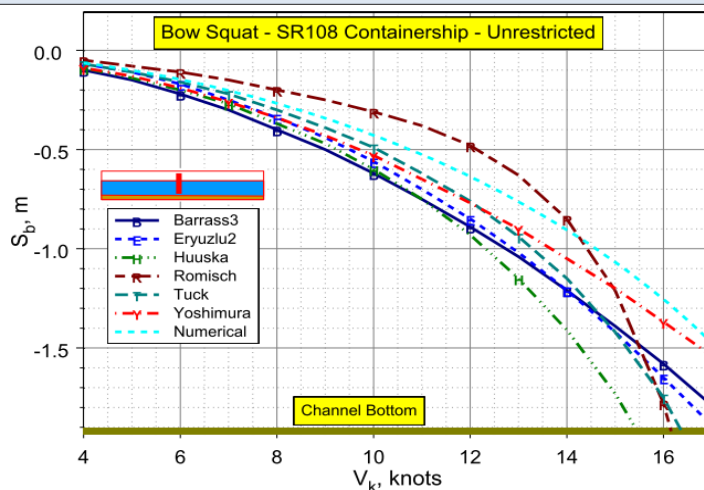


Figure D-9: Bow squat for SR108 Container ship, Unrestricted channel, $L_{pp} = 175$ m, $B = 25.4$ m, $T = 9.5$ m, $C_B = 0.66$ and $h = 11.4$ m ($h/T = 1.20$)

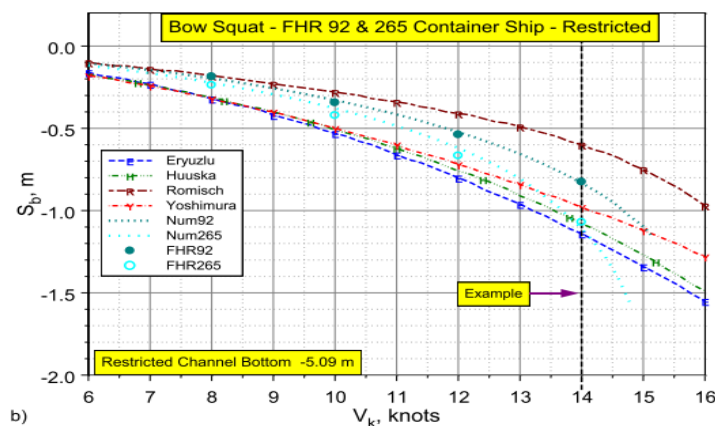
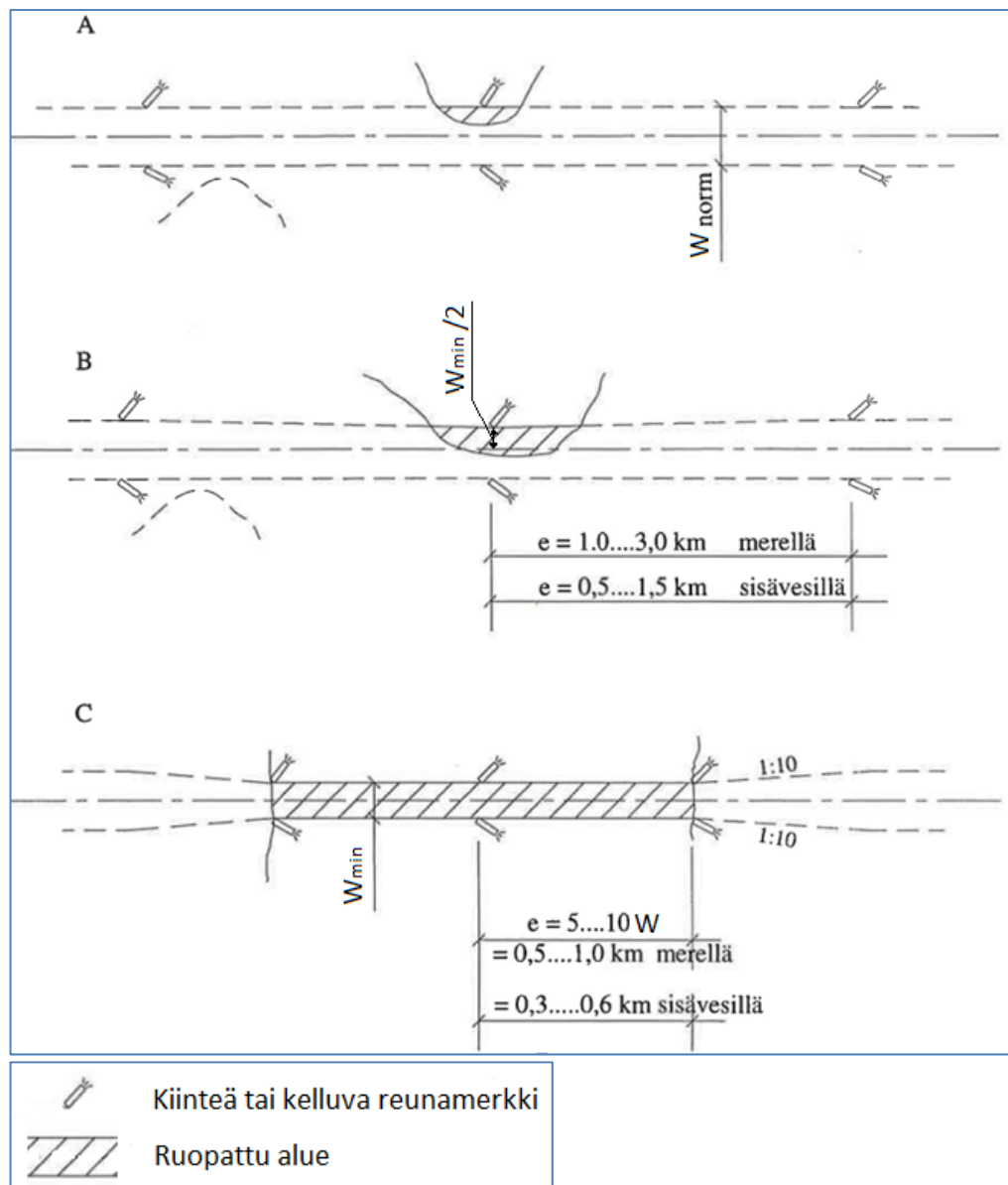


Figure D-10: (a) Restricted channel cross-section, (b) bow squat for FHR 92 and FHR 265 Container ships, $L_{pp} = 331.28$ m, $B = 42.82$ m, $T = 14.54$ m, $C_B = 0.65$, $h = 19.63$ m ($h/T = 1.35$), $h_T = 12.12$ m, $W = 325.62$ m, $W_{Top} = 521.92$ m and $n = 5.0$

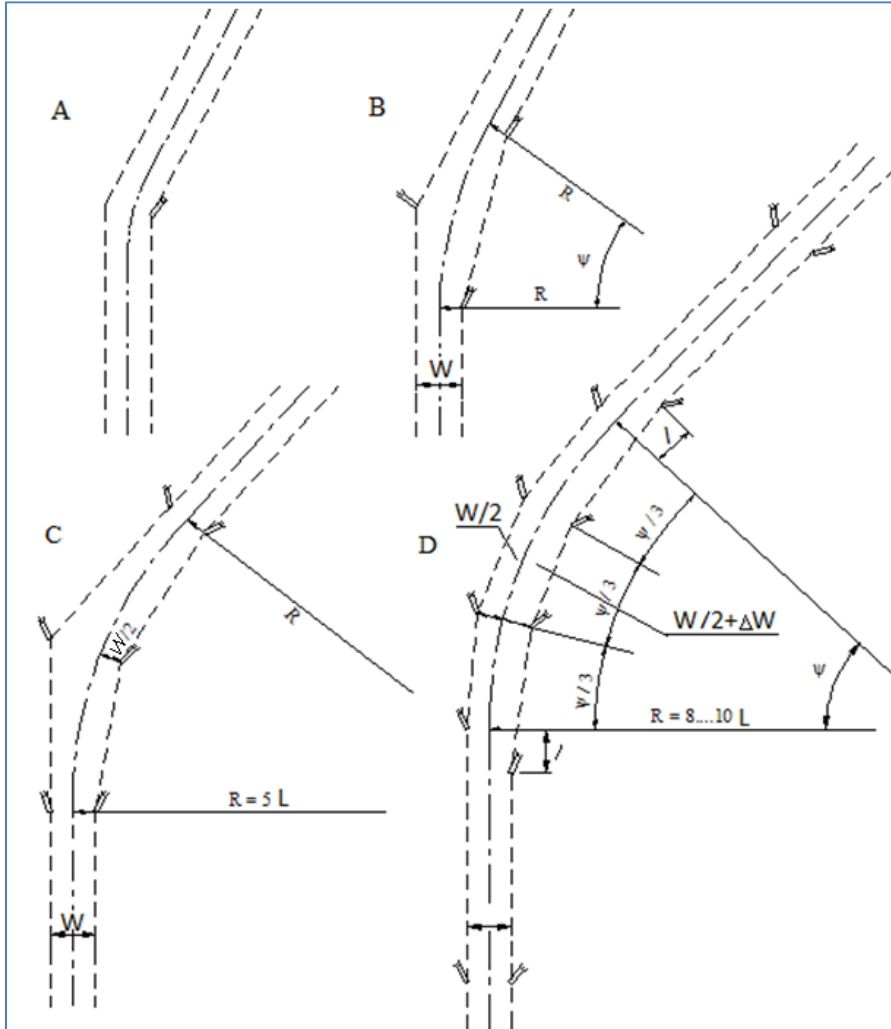
Esimerkkejä suoran väylän merkinnästä



- A) Ruoppaus vähäinen, väylää ei tarvitse kaventaa
- B) väylää on kavennettu toispuoleisesti ruoppauskustannusten pienentämiseksi.
Kavennuksesta saattaa aiheutua merkinnän tehostamistarvetta
- C) väylän leveys on suurten ruoppauskustannusten takia minimissä ja merkintää on tehostettava

Esimerkkejä kaarten merkinnästä


Reunamerkin tarve kaarteissa riippuu kääntymiskulman suuruudesta, täyssyvän vesialueen laajuudesta sekä ruoppauskuvion muodosta.



W = Väylän leveys

ΔW = Kaarrelevitys

L = Mitoitusaluksen pituus

 = Kiinteä tai kelluva väylän reunamerkki

Ψ = Käännöskulma

- Esimerkki A tulee kysymykseen, kun kaarrealueella on runsaasti täyssyvää vesialuetta. Reunamerkki osoittaa kääntöpisteen
- Esimerkissä B on matalaa sekä sis- että ulkokaarten puolella, mutta pienen kääntymiskulman takia kaarrealue jää lyhyeksi
- Esimerkissä C on melko jyrkkä käänös ruopatulla alueella tai kapeikossa. Suhteellisen runsaalla merkinnällä on havainnollisuuden lisäksi pyritty pienentämään myös ruoppaustarvetta
- Esimerkki D on vastaava kuin C, mutta ruoppausten edelleen pienentämiseksi väylän ulkonurkka on jätetty väyläalueen ulkopuolelle, koska alukset eivät voi kuitenkaan hyödyntää sitä.

